

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-264585

(P2004-264585A)

(43) 公開日 平成16年9月24日(2004.9.24)

(51) Int. Cl.⁷

G02B 15/20

G02B 13/18

G02B 17/08

F1

G02B 15/20

G02B 13/18

G02B 17/08

テーマコード (参考)

2H087

A

審査請求 未請求 請求項の数 4 OL (全 73 頁)

(21) 出願番号 特願2003-54666 (P2003-54666)
(22) 出願日 平成15年2月28日 (2003.2.28)(71) 出願人 000000376
オリンパス株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(74) 代理人 100065824
弁理士 篠原 泰司
(74) 代理人 100104983
弁理士 藤中 雅之
(72) 発明者 三原 伸一
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
リンパス光学工業株式会社内

最終頁に続く

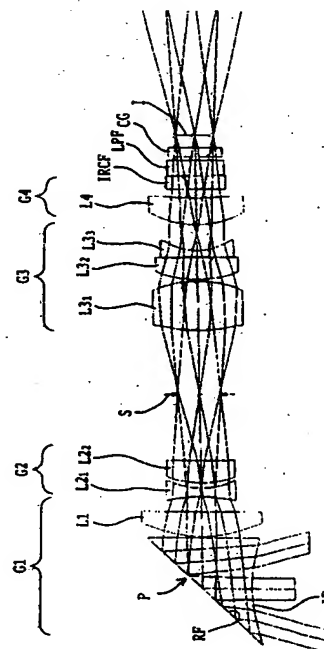
(54) 【発明の名称】ズームレンズ

(57) 【要約】

【課題】高ズーム比で明るいF値など高い光学仕様性能を有するズームレンズと、奥行きが極めて薄く高画質の写真を得ることができ且つ歪曲が少なく広画角の撮影が可能な電子撮像装置を提供すること。

【解決手段】ズームレンズは、物体側から光路に沿って順に配置された、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する移動レンズ群G2と、広角端から望遠端に変倍する際に短調に物体側に移動するレンズ群G3とを含み、少なくとも2面の非球面を有している。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から光路に沿って順に配置された、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する移動レンズ群G2と、広角端から望遠端に変倍する際に単調に物体側に移動するレンズ群G3とを含み、少なくとも2面の非球面を有するズームレンズ。

【請求項2】

前記第1レンズ群G1は、物体側から光路に沿って順に配置された、発散性を有する光学素子と正レンズとからなっている請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項3】

前記移動レンズ群G2は、物体側から光路に沿って順に配置された、両凹レンズと正レンズとからなっている請求項1または2に記載のズームレンズ。 10

【請求項4】

前記レンズ群G3は、物体側から光路に沿って順に配置された、正の単レンズと、正レンズと像側に強い凹面を向けた負レンズの接合レンズとからなっている請求項1乃至3の何れかに記載のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、奥行き方向の薄型化とズームレンズの広角化を実現したビデオカメラやデジタルカメラなど電子撮像装置に適するズームレンズに関する。 20

【0002】

【従来の技術】

近年、銀塩35mmフィルム（135フォーマット）カメラに代わる次世代カメラとして、デジタルカメラ（電子カメラ）が注目されてきている。更に、それは、業務用高機能タイプからポータブルな普及タイプまでの幅の広い範囲で、幾つものカテゴリーを有するようになってきている。そして、特にポータブルな普及タイプのカメラでは、奥行きが薄くて使い勝手が良いものが望まれるようになってきている。加えて、高画質であり且つ広画角のものが望まれるようになって来ている。

【0003】

カメラの奥行き方向を薄くするのに最大のネックとなっているのは、光学系の最も物体側の面から撮像面までの厚みである。特にズームレンズ系では、この厚みがネックになっている。そこで、最近におけるカメラボディ薄型化技術の主流は、沈胴式鏡筒を採用することである。この沈胴式鏡筒は、撮影時には光学系がカメラボディ内から突出しているが、携帯時にはカメラボディ内に収納される構造である。沈胴式鏡筒を採用して効果的に薄型化できる可能性を有する光学系の例としては、特許文献1乃至3に記載のもの等がある。 30

【0004】

【特許文献1】

特開平11-194274号公報

【特許文献2】

特開平11-287953号公報 40

【特許文献3】

特開2000-9997号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

これらの特許文献に記載の光学系は、物体側から順に配置された負の屈折力を有する第1群と、正の屈折力を有する第2群とを有していて、共に変倍時には移動するように構成されている。しかし、この構成では、広角端での画角が不十分であり、画角を確保した場合にはレンズ系が大きくなり分厚くなることが問題である。

【0006】

また、最近では、光学系の光路（光軸）を、ミラーやプリズムなどの反射光学素子で折り 50

曲げる構成を採るものも出現している。この構成のものは、前記沈胴式鏡筒に見られるようなカメラの使用状態への立ち上げ時間（レンズのせり出し時間）がないという利点がある。また、防水・防塵上も好ましい。また、奥行き方向の極めて薄いカメラとすることができる。この構成では、最も物体側のレンズ群を固定して、その中に前記反射光学素子を設けている。そして、それ以降の光路はカメラボディの縦あるいは横方向へ折り曲げて、奥行き方向の寸法を極力薄くしている。この場合、ある程度の画角を確保するために、光路を折り曲げるための反射面よりも物体側に必ず発散面を設けることになる。

【0007】

その場合、歪曲収差の発生を少なくするために、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズを設けることになる。これでは、奥行き方向の厚みを減らす本来の目的に反する結果となる。また、光路を折り曲げる方式において或る程度の画角を確保するためには、プリズムやミラーなどの反射光学素子の光学有効面を小さく抑えることをしなくてはならないが、そうすると結像性能の劣化をまねく。

【0008】

本発明は、従来技術の有するこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、高ズーム比で明るいF値など高い光学仕様性能を有するズームレンズと、奥行きが極めて薄く高画質の写真を得ることができ且つ歪曲が少なく広画角の撮影が可能な電子撮像装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、本発明によるズームレンズは、物体側から光路に沿って順に配置された、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する移動レンズ群G2と、広角端から望遠端に変倍する際に単調に物体側に移動するレンズ群G3とを含み、少なくとも2面の非球面を有している。

本発明によれば、前記第1レンズ群G1は、物体側から光路に沿って順に配置された、発散性を有する光学素子と正レンズとからなっている。

また、本発明によれば、前記移動レンズ群G2は、物体側から光路に沿って順に配置された、両凹レンズと正レンズとからなっている。

また、本発明によれば、前記レンズ群G3は、物体側から光路に沿って順に配置された、正の単レンズと、正レンズと像側に強い凹面を向けた負レンズの接合レンズとからなっている。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図示した実施例に基づき説明する。説明に先立ち、本発明の作用効果について述べる。

奥行きの薄い撮像装置に適した光学系において、結像性能を確保し、さらに広い画角を確保しようとする場合は、次のようにする。一つは、レンズの構成枚数を出来るだけ減らす、他には、出来るだけ光学系の入射側で光路を曲げるようにする。このようにして、光学系の前側レンズ群から変倍をつかさどるレンズ群にかけて、複数の非球面を効果的に用いるようにする。

【0011】

そこで、非球面の配置としては、(1)前記第1レンズ群G1に2面以上配置するか、(2)前記レンズ群G2とG3合わせて4面以上配置するか、(3)前記第1レンズ群G1とレンズ群G2合わせて4面以上配置するか、(4)前記第1レンズ群G1と前記レンズ群G3にそれぞれ2面以上配置するか、(5)前記レンズ群G2とG3にそれぞれ2面以上配置するか、(6)2面以上の非球面を有するレンズ群を3つ配置するかの何れかとするのが良い。

【0012】

また、前記3つの各レンズ群にそれぞれ2面ずつの非球面を導入する場合、第1レンズ群G1の場合は物体側から発散面、収収面の順に導入するのがよい。また、レンズ群G2の

10

20

30

40

50

場合は負レンズにのみ、レンズ群G3の場合は正レンズにのみ導入するのが良い。以上の非球面は広角側での歪曲収差、望遠側でのコマ収差、変倍による球面収差、コマ収差の変動の補正には不可欠である。

【0013】

なお、各レンズ群の構成は最小限とする。前記第1レンズ群G1は、物体側から光路に沿って順に、発散性を有する光学素子と正レンズの2要素を配置した構成とするのが良い。前記レンズ群G2は、物体側から光路に沿って順に、両凹レンズと正レンズを配置した構成とするのが良い。前記レンズ群G3は、物体側から光路に沿って順に、正の単レンズと、正のレンズと像側に強い凹面を向けた負レンズ成分の2群3枚を配置した構成とするのが良い。また、フォーカスのためには、移動可能なレンズ群を前記レンズ群G3の像側に
10

【0014】

さらに、前記レンズ群G2、G3に関して、その倍率が下記条件(1)、(2)を満足するようにすると良い。

$$-1.0 \leq \beta_{2W} \leq -0.4 \quad (1)$$

$$-1.0 \leq \beta_{3W} \leq -0.4 \quad (2)$$

但し、 β_{2W} 、 β_{3W} はそれぞれレンズ群G2、G3の広角端における倍率である。条件(1)の下限を下回ると、レンズ群G2の移動による変倍比が小さくなりやすい。また、上限を上回るとレンズ群G3の移動による変倍比が小さくなりやすい。条件(1)の範囲内の場合には、レンズ群G3の倍率は条件(2)のようになる。
20

そして、少なくとも下記条件の何れかを満たすとより良い。

$$-0.9 \leq \beta_{2W} \leq -0.45 \quad (1')$$

$$-0.9 \leq \beta_{3W} \leq -0.45 \quad (2')$$

さらに、少なくとも下記条件の何れかを満たすと最も良い。

$$-0.8 \leq \beta_{2W} \leq -0.5 \quad (1'')$$

$$-0.8 \leq \beta_{3W} \leq -0.5 \quad (2'')$$

【0015】

前記レンズ群Fは変倍時に移動しても良い。ただし、フォーカスアクチュエーターの小型化も考慮して、変倍時の移動も含めた移動範囲が下記条件を満たすとすると良い。

$$0.8 \times 10^2 < M4 \times S1 < 6.0 \times 10^2 \quad (3)$$

但し、M4はフォーカス群G4があらゆる状態の中で最も物体側に位置する時と最も像側に位置する時の距離差、S1はフォーカス群Fが最も物体側に位置する時に合焦されている被写体から光学系の入射面までの距離(mm)である。上限を上回ると、フォーカスのためのアクチュエーターが肥大化する。なお、下記条件を満たすとより良い。
30

$$1.2 \times 10^2 < M4 \times S1 < 5.5 \times 10^2 \quad (3')$$

さらに、下記条件を満たすと最良である。

$$1.6 \times 10^2 < M4 \times S1 < 5.0 \times 10^2 \quad (3'')$$

【0016】

また、光学系からの光線射出角を適性にするために、光学系の最も像側に別のレンズ群(最終レンズ群)を像面に対して位置をほぼ固定して配置しても良い。さらに、最終レンズ群は単レンズで構成し、下記条件を満たすとすると良い。
40

$$-0.10 < f_w / f_R < 0.50 \quad (4)$$

但し、 f_R は最終レンズ群の焦点距離である。下限値を下回るとフォーカス群G4のパワーが増加し、フォーカスによる収差変動が大きくなる。また、上限値を上回るとフォーカス群Fの移動量が増加し、フォーカスアクチュエーターが肥大化しやすい。なお、下記条件を満たすとより良い。

$$-0.06 < f_w / f_R < 0.40 \quad (4')$$

さらに、下記条件を満たすと最良である。

$$-0.02 < f_w / f_R < 0.32 \quad (4'')$$

【0017】

さらに、下記条件をも満たすと良い。

$$40 < \nu F$$

(5)

$$25 < \nu R < 60$$

(6)

但し、 νF 、 νR はそれぞれフォーカス群G4と最終レンズ群を単レンズで構成したときの媒質のアッペ数である。条件(5)の下限を下回るとフォーカスによる色変動が大きくなる。また、条件(6)の上限を上回ると倍率色収差が補正過剰となり、下限を下回ると倍率色収差が補正不足となりやすい。また、少なくとも下記条件のいずれか一方を満たすとより良い。

$$45 < \nu F$$

(5')

$$25 < \nu R < 50$$

(6')

さらに、少なくとも下記条件のいずれか一方を満たすと最良である。

$$50 < \nu F$$

(5'')

$$25 < \nu R < 40$$

(6'')

【0018】

電子撮像装置の奥行きを薄くする方法の1つとして、出来るだけ光学系の入射側で光路を折り曲げるのが良いことは前述の通りである。前記レンズ群G1は像面に対して位置をほぼ固定されている。このレンズ群G1の発散性を有する光学素子は、物体側に凹面を向けた入射面と光路を折り曲げるための反射面を有するプリズムとして、最も物体側に配置される。そして、入射面を光軸から離れるに従って発散性が弱まる非球面とするのが良い。さらに、その像側に配置されている正レンズの物体側の面も非球面にするのが良い。因みに、レンズ群G2に非球面を導入するには、負レンズの片面もしくは両面に導入するのが良い。また、レンズ群G3に非球面を導入する場合は、正レンズの1面もしくは2面に導入するのが良い。

【0019】

なお、レンズ群G1に関して下記条件を満たすと良い。

$$33 < \nu 12 < 75$$

(7)

$$1.55 < n12$$

(8)

但し、 $\nu 12$ および $n12$ はそれぞれレンズ群G1の正レンズの媒質アッペ数および媒質屈折率である。条件(7)の上限を上回ると倍率色収差が補正不足となり、下限を下回ると倍率色収差が過剰となる。また、条件(8)の下限を下回ると望遠側でコマ収差が発生しやすくなる。また、少なくとも下記条件の何れか一方を満たすとより良い。

$$33 < \nu 12 < 55$$

(7')

$$1.65 < n12$$

(8')

さらに、少なくとも下記条件の何れか一方を満たすと最良である。

$$33 < \nu 12 < 50$$

(7'')

$$1.73 < n12$$

(8'')

【0020】

開口絞りについては、前記レンズ群G2とレンズ群G3との間に像面に対してほぼ位置が固定であるように配置する。そして、前記開口絞りよりも入射側にはプリズム1要素と3枚以下の単レンズになるように構成するのが良い。このようにすると、入射瞳位置を出来るだけ浅くして光路折り曲げまわりを小型化することができる。また、前記レンズ群G2と前記レンズ群G3は、前記開口絞りを挟んで隣接している。このとき、広角端における前記レンズ群G2の最も像側の面頂から前記絞り開口までの光軸に沿った距離をD2、前記絞り開口から前記レンズ群G3の最も物体側の面頂までの光軸に沿った距離をD3としたとき、下記条件を満足すると良い。

$$0.50 < D3/D2 < 1.40$$

(9)

上限を上回ると望遠端のF値が暗くなりやすい。一方、下限を下回るとプリズムが肥大化しやすい。

【0021】

さらに、負の屈折力を有する前記レンズ群G2では負レンズに、正の屈折力を有するレン

10

20

30

40

50

ズ群G3では正レンズに、共に非球面を導入するのが良い。これにより、変倍時のレンズ群G2とG3の動きによる収差変動を出来るだけ小さくすることができる。出来れば2面ずつ設けるのが好ましい。なお、下記条件を満たすとより良い。

$$0.60 < D3/D2 < 1.30 \quad (9')$$

さらに、下記条件を満たすと最良である。

$$0.70 < D3/D2 < 1.20 \quad (9'')$$

【0022】

本発明のズームレンズは、入射面が発散面である関係上、物体側に凹面を向ける形状になる。しかも、そのパワーは強い。そのため、樽型歪曲収差が発生しやすい。しかし、歪曲収差を許容すると、画角の割りに入射光線高が低くなる。よって、プリズムを小さくすることが可能である。そこで、本発明のズームレンズ光学系においては、意図的に樽型歪曲収差を野放し的に発生させている。そして、この状態で、結像光学系を通じて結像された像を、電子撮像素子にて撮像する。但し、得られた画像データをそのまま使わずに加工を行う。具体的には、形状を変化させる画像処理などの機能を用いて、光学系で発生した歪曲収差による画像の歪みを補正して観察できるようにする。特に、カメラなど電子撮像装置から既に補正された形の画像データとして出力するのが理想的である。

【0023】

なお、その場合、光学系については略無限遠物点合焦時に前記結像光学系の歪曲収差に関して下記条件を満足すると良い。

$$0.75 < y_{0.7} / (f_w \times \tan \omega_{0.7w}) < 0.96 \quad (10)$$

$$1.0 < f_w / y_{1.0} < 2.1 \quad (11)$$

但し、前記電子撮像素子の有効撮像面内（撮像可能な面内）で中心から最も遠い点までの距離（最大像高）を $y_{1.0}$ とすると、 $y_{0.7} = 0.7 y_{1.0}$ 、 $\omega_{0.7w}$ は広角端における前記撮像面上の中心から $y_{0.7}$ の位置に結ぶ像点に対応する物点方向の光軸に対応する物点方向の光軸に対する角度である。なお、少なくとも下記条件の何れかを満たすとより良い。

$$0.80 < y_{0.7} / (f_w \times \tan \omega_{0.7w}) < 0.95 \quad (10')$$

$$1.1 < f_w / y_{1.0} < 2 \quad (11')$$

さらに、少なくとも下記条件の何れかを満たすと最良である。

$$0.85 < y_{0.7} / (f_w \times \tan \omega_{0.7w}) < 0.94 \quad (10'')$$

$$1.2 < f_w / y_{1.0} < 1.9 \quad (11'')$$

【0024】

以下、本発明の実施例について図面を用いて説明する。各実施例に関して、折り曲げ時の光路図は広角端無限遠物点合焦時のみが示されている。

第1実施例

図1は本発明によるズームレンズの第1実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図2は第1実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。図3～図5は第1実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図3は広角端、図4は中間、図5は望遠端での状態を示している。図6～図8は第1実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図6は広角端、図7は中間、図8は望遠端での状態を示している。

【0025】

図1中、Iは電子撮像素子であるCCDの撮像面、CGは平面平板状のCCDカバーガラス、LPFは光学的ローパスフィルター、IRCFは赤外カットフィルターで、物体側から順に、本発明によるズームレンズと、赤外カットフィルターIRCFと、光学的ローパスフィルターLPFと、カバーガラスCGと、撮像面Iが配置されている。

そして、第1実施例のズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第2レン

ズ群G 2と、開口絞りSと、第3レンズ群G 3と、第4レンズ群G 4とを有している。

第1レンズ群G 1は、物体側から順に、物体側に光路を折り曲げるための反射面RFと物体側に凹面であり光軸から離れるに従って発散性が弱まる非球面を持つ光線入射面IFを有するプリズムPと、正の屈折力を有する後側副群とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

プリズムPは、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されている。

後側副群は、正メニスカスレンズL 1で構成されている。

なお、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は3:4であり、折り曲げ方向は横方向である。

第2レンズ群G 2は、物体側から順に配置された、両凹負レンズL 2₁と正メニスカスレンズL 2₂とで構成されており、全体で負の屈折力を有している。

第3レンズ群G 3は、物体側から順に、両凸正レンズL 3₁と、正メニスカスレンズL 3₂と負メニスカスレンズL 3₃との接合レンズで構成されている。

第4レンズ群G 4は、正メニスカスレンズL 4で構成されている。

【0026】

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G 1及び開口絞りSは位置が固定され、第2レンズ群G 2は像側へのみ移動し、第3レンズ群G 3は物体側へのみ移動するようになっている。

また、合焦動作時には、第4レンズ群G 4が光軸上を移動するようになっている。

非球面は、第1レンズ群G 1中のプリズムPの光線入射面IFのほかに、第1レンズ群G 1中の正メニスカスレンズL 1の物体側の面、第2レンズ群G 2中の両凹レンズL 2₁の両側面、及び第3レンズ群G 3中の両凸正レンズL 3₁の両側面に夫々設けられている。

【0027】

次に、第1実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

なお、第1実施例の数値データにおいて、 r_1, r_2, \dots は各レンズ面の曲率半径、 d_1, d_2, \dots は各レンズの肉厚または空気間隔、 n_{d1}, n_{d2}, \dots は各レンズのd線での屈折率、 v_{d1}, v_{d2}, \dots は各レンズのアッベ数、Fno.はFナンバー、fは全系焦点距離、D0は物体から第1面までの距離を表している。

なお、非球面形状は、光軸方向をz、光軸に直交する方向をyにとり、円錐係数をK、非球面係数を A_4, A_6, A_8, A_{10} としたとき、次の式で表される。

$$z = (y^2/r) / [1 + \{1 - (1+K)(y/r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

なお、これらの記号は後述の実施例の数値データにおいても共通に用いられている。

【0028】

数値データ 1 $r_1 = -11.6796$ (非球面) $d_1 = 9.0200$ $n_{d1} = 1.58423$ $\nu_{d1} = 30.49$ $r_2 = \infty$ $d_2 = 0.1650$ $r_3 = 9.8371$ (非球面) $d_3 = 2.3000$ $n_{d3} = 1.69350$ $\nu_{d4} = 53.21$

10

 $r_4 = 529.3773$ $d_4 = D4$ $r_5 = -12.8197$ (非球面) $d_5 = 0.8000$ $n_{d5} = 1.80610$ $\nu_{d3} = 40.92$ $r_6 = 5.7072$ (非球面) $d_6 = 0.5000$ $r_7 = 8.1113$ $d_7 = 2.1000$ $n_{d7} = 1.84666$ $\nu_{d7} = 23.78$

20

 $r_8 = 177.2938$ $d_8 = D8$ $r_9 = \infty$ (絞り) $d_9 = D9$ $r_{10} = 10.6507$ (非球面) $d_{10} = 4.6389$ $n_{d10} = 1.69350$ $\nu_{d10} = 53.21$

30

 $r_{11} = -9.2140$ (非球面) $d_{11} = 0.1650$ $r_{12} = 9.0658$ $d_{12} = 2.0900$ $n_{d12} = 1.58913$ $\nu_{d12} = 61.14$ $r_{13} = 5717.2980$ $d_{13} = 0.6600$ $n_{d13} = 1.84666$ $\nu_{d13} = 23.78$

40

 $r_{14} = 4.9509$ $d_{14} = D14$

$$r_{15}=7.7937$$

$$d_{15}=2.5000$$

$$n_{d15}=1.51742$$

$$\nu_{d13}=52.43$$

$$r_{16}=22.2524$$

$$d_{16}=D16$$

$$r_{17}=\infty$$

$$d_{17}=1.3200$$

$$n_{d17}=1.51633$$

$$\nu_{d17}=64.14$$

$$r_{18}=\infty$$

$$d_{18}=1.4795$$

$$n_{d18}=1.54771$$

$$\nu_{d18}=62.84$$

$$r_{19}=\infty$$

$$d_{19}=0.3300$$

$$r_{20}=\infty$$

$$d_{20}=0.8250$$

$$n_{d20}=1.51633$$

$$\nu_{d18}=64.14$$

$$r_{21}=\infty$$

$$d_{21}=D21$$

$$r_{21}=\infty \text{ (撮像面)}$$

[0 0 2 9]

非球面係数

第1面

$$K=0$$

$$A_2 = 0$$

$$A_4 = 5.8448 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -4.7903 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 3.0447 \times 10^{-8}$$

第3面

$$K=0$$

$$A_2 = 0$$

$$A_4 = -3.1814 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.2382 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 6.3527 \times 10^{-8}$$

第5面

$$K=0$$

$$A_2 = 0$$

$$A_4 = -4.1561 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 5.6431 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -2.4336 \times 10^{-7}$$

第6面

$$K=0$$

$$A_2 = 0$$

$$A_4 = -1.1787 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 8.4597 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -5.4129 \times 10^{-6}$$

第10面

$$K=0$$

$$A_2 = 0$$

$$A_4 = -6.3435 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.6391 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -7.1371 \times 10^{-7}$$

第11面

$$K=0$$

$$A_2 = 0$$

$$A_4 = 1.9014 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = -1.5643 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -2.0218 \times 10^{-7}$$

[0 0 3 0]

10

20

30

ズームデータ

D 0 (物体から第 1 面までの距離) が ∞ のとき

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|--------|----------|----------|----------|
| f (mm) | 5.66108 | 8.59978 | 13.05912 |
| Fno. | 2.8378 | 3.5255 | 4.3575 |
| D 0 | ∞ | ∞ | ∞ |
| D 4 | 1.39923 | 3.84253 | 6.19793 |
| D 8 | 6.19840 | 3.75296 | 1.39972 |
| D 9 | 6.11340 | 3.74403 | 1.39951 |
| D 1 4 | 2.40017 | 5.01149 | 6.43661 |
| D 1 6 | 0.82209 | 0.57868 | 1.49956 |
| D 2 1 | 1.19969 | 1.19992 | 1.19940 |

10

D 0 (物体から第 1 面までの距離) が近距離 (2 0 c m) のとき

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| D 0 | 195.03546 | 195.03546 | 195.03546 |
| D 4 | 1.39923 | 3.84253 | 6.19793 |
| D 8 | 6.19840 | 3.75296 | 1.39972 |
| D 9 | 6.11340 | 3.74403 | 1.39951 |
| D 1 4 | 2.11869 | 4.36476 | 5.12699 |
| D 1 6 | 1.10357 | 1.22541 | 2.80919 |
| D 2 1 | 1.19969 | 1.19992 | 1.19940 |

20

30

【 0 0 3 1 】

第 2 実施例

図 9 は本発明にズームレンズの第 2 実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図 1 0 は第 2 実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a) は広角端、(b) は中間、(c) は望遠端での状態を示している。

【 0 0 3 2 】

図 9 中、I は電子撮像素子である CCD の撮像面、CG は平面平板状の CCD カバーガラス、LPF は光学的ローパスフィルター、IRCF は赤外カットフィルターで、物体側から順に、本発明によるズームレンズと、赤外カットフィルター IRCF と、光学的ローパスフィルター LPF と、カバーガラス CG と、撮像面 I が配置されている。

40

そして、第 2 実施例のズームレンズは、物体側から順に、第 1 レンズ群 G 1 と、第 2 レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、第 3 レンズ群 G 3 と、第 4 レンズ群 G 4 とを有している。

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に光路を折り曲げるための反射面 RF と物体側に凹面であり光軸から離れるに従って発散性が弱まる非球面を持つ光線入射面 IF を有するプリズム P と、正の屈折力を有する後側副群とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

プリズム P は、光路を 9 0 ° 折り曲げる反射プリズムとして構成されている。

50

後側副群は、両凸正レンズL₁で構成されている。

なお、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は3：4であり、折り曲げ方向は横方向である。

第2レンズ群G₂は、物体側から順に配置された、両凹負レンズL_{2₁}と両凸正レンズL_{2₂}とで構成されており、全体で負の屈折力を有している。

第3レンズ群G₃は、物体側から順に、両凸正レンズL_{3₁}と、両凸正レンズL_{3₂}と両凹負レンズL_{3₃}との接合レンズで構成されている。

第4レンズ群G₄は、正メニスカスレンズL₄で構成されている。

【0033】

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G₁及び開口絞りSは位置が固定され、第2レンズ群G₂は像側へのみ移動し、第3レンズ群G₃は物体側へのみ移動するようになっている。 10

また、合焦動作時には、第4レンズ群G₄が光軸上を移動するようになっている。

非球面は、第1レンズ群G₁中のプリズムPの光線入射面IFのほかに、第1レンズ群G₁中の両凸正レンズL₁の物体側の面、第2レンズ群G₂中の両凹レンズL_{2₁}の両側面、及び第3レンズ群G₃中の両凸正レンズL_{3₁}の両側面に夫々設けられている。

【0034】

次に、第2実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 2

$$r_1 = -11.7854 \text{ (非球面)}$$

$$d_1 = 10.5000$$

$$n_{d1} = 1.58423$$

$$\nu_{d1} = 30.49$$

$$r_2 = \infty$$

$$d_2 = 0.1650$$

$$r_3 = 7.8008 \text{ (非球面)}$$

$$d_3 = 3.0000$$

$$n_{d3} = 1.56907$$

$$\nu_{d3} = 71.30$$

10

$$r_4 = -49.1420$$

$$d_4 = D_4$$

$$r_5 = -9.3686 \text{ (非球面)}$$

$$d_5 = 0.8000$$

$$n_{d5} = 1.80610$$

$$\nu_{d5} = 40.92$$

$$r_6 = 3.8996 \text{ (非球面)}$$

$$d_6 = 0.5000$$

$$r_7 = 6.3672$$

$$d_7 = 2.1000$$

$$n_{d7} = 1.80518$$

$$\nu_{d7} = 25.42$$

20

$$r_8 = -47.8945$$

$$d_8 = D_8$$

$$r_9 = \infty \text{ (絞り)}$$

$$d_9 = 6.1780$$

$$r_{10} = 10.2138 \text{ (非球面)}$$

$$d_{10} = 6.2294$$

$$n_{d10} = 1.69350$$

$$\nu_{d10} = 53.21$$

30

$$r_{11} = -10.9309 \text{ (非球面)}$$

$$d_{11} = 0.1650$$

$$r_{12} = 8.6046$$

$$d_{12} = 2.0900$$

$$n_{d12} = 1.58913$$

$$\nu_{d12} = 61.14$$

$$r_{13} = -99.9521$$

$$d_{13} = 0.6600$$

$$n_{d13} = 1.84666$$

$$\nu_{d13} = 23.78$$

40

$$r_{14} = 5.1954$$

$$d_{14} = D_{14}$$

$$r_{15}=7.1426$$

$$d_{15}=2.0000$$

$$n_{d15}=1.51633$$

$$\nu_{d15}=64.14$$

$$r_{16}=29.6189$$

$$d_{16}=D16$$

$$r_{17}=\infty$$

$$d_{17}=1.3200$$

$$n_{d17}=1.51633$$

$$\nu_{d16}=64.14$$

$$r_{18}=\infty$$

$$d_{18}=1.4795$$

$$n_{d18}=1.54771$$

$$\nu_{d18}=62.84$$

$$r_{19}=\infty$$

$$d_{19}=0.3300$$

$$r_{20}=\infty$$

$$d_{20}=0.8250$$

$$n_{d20}=1.51633$$

$$\nu_{d20}=64.14$$

$$r_{21}=\infty$$

$$d_{21}=D21$$

$$r_{22}=\infty \text{ (撮像面)}$$

[0 0 3 5]

非球面係数

第1面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=2.0145 \times 10^{-8}$$

$$A_4=5.1910 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-3.7399 \times 10^{-6}$$

第3面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=5.4885 \times 10^{-9}$$

$$A_4=-4.4104 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-3.3553 \times 10^{-6}$$

第5面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-3.4996 \times 10^{-6}$$

$$A_4=3.4042 \times 10^{-5}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=6.7454 \times 10^{-5}$$

第6面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-1.9143 \times 10^{-5}$$

$$A_4=-2.8172 \times 10^{-3}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=1.3308 \times 10^{-4}$$

第10面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=7.9488 \times 10^{-7}$$

$$A_4=-2.3186 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-2.1538 \times 10^{-5}$$

第11面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=3.1261 \times 10^{-7}$$

$$A_4=2.6973 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-1.5248 \times 10^{-5}$$

[0036]

10

20

30

ズームデータ

D 0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|--------|----------|----------|----------|
| f (mm) | 5.05307 | 8.56998 | 14.55901 |
| Fno. | 2.8571 | 3.7364 | 4.3824 |
| D 0 | ∞ | ∞ | ∞ |
| D 4 | 1.39683 | 3.62796 | 6.52030 |
| D 8 | 6.52260 | 4.28823 | 1.39914 |
| D 9 | 6.17797 | 3.16502 | 1.39955 |
| D 1 4 | 1.99996 | 5.00758 | 6.78212 |
| D 1 6 | 1.49982 | 1.50070 | 1.49610 |
| D 2 1 | 1.20004 | 1.20279 | 1.19989 |

10

D 0 (物体から第1面までの距離) が近距離 (20 cm) のとき

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| D 0 | 195.03546 | 195.03546 | 195.03546 |
| D 4 | 1.39683 | 3.62796 | 6.52030 |
| D 8 | 6.52260 | 4.28823 | 1.39914 |
| D 9 | 6.17797 | 3.16502 | 1.39955 |
| D 1 4 | 1.80885 | 4.47534 | 5.34741 |
| D 1 6 | 1.69093 | 2.03293 | 2.93082 |
| D 2 1 | 1.20004 | 1.20279 | 1.19989 |

20

30

【0037】

第3実施例

図11は本発明にズームレンズの第3実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図12は第3実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。図13～図15は第3実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図13は広角端、図14は中間、図15は望遠端での状態を示している。図16～図18は第3実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図16は広角端、図17は中間、図18は望遠端での状態を示している。

40

【0038】

図11中、Iは電子撮像素子であるCCDの撮像面、CGは平面平板状のCCDカバーガラス、LPFは光学的ローパスフィルターで、物体側から順に、本発明によるズームレンズと、光学的ローパスフィルターLPFと、カバーガラスCGと、撮像面Iが配置されている。

そして、第3実施例のズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とを有している。

50

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に光路を折り曲げるための反射面RFと物体側に凹面であり光軸から離れるに従って発散性が弱まる非球面を持つ光線入射面IFを有するプリズムPと、負の屈折力を有する後側副群とで構成されており、全体で負の屈折力を有している。

プリズムPは、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されている。

後側副群は、後側副群は、両凸正レンズL1₁で構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹負レンズL2₁と正メニスカスレンズL2₂で構成されており、全体で負の屈折力を有している。

第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸正レンズL3₁と、正メニスカスレンズL3₂と負メニスカスレンズL3₃との接合レンズで構成されている。

第4レンズ群G4は、両凸正レンズL4で構成されている。

10

【0039】

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1と開口絞りSは位置が固定され、第2レンズ群G2は像側へのみ移動し、第3レンズ群G3は物体側へのみ移動するようになっている。

また、合焦動作時には、第4レンズ群G4が光軸上を移動するようになっている。

非球面は、第1レンズ群G1中のプリズムPの光線入射面IFのほかに、第1レンズ群G1中の両凸正レンズL1₁の物体側の面、第2レンズ群G2中の両凹負レンズL2₁の両側面、及び第3レンズ群G3中の両凸正レンズL3₁の両側面に夫々設けられている。

【0040】

次に、第3実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

20

数値データ 3 $r_1 = -6.4061$ (非球面) $d_1 = 7.7000$ $n_{d1} = 1.68893$ $\nu_{d1} = 31.07$ $r_2 = \infty$ $d_2 = 0.1500$ $r_3 = 6.8230$ (非球面) $d_3 = 2.5000$ $n_{d3} = 1.69350$ $\nu_{d3} = 53.21$

10

 $r_4 = -75.6278$ $d_4 = D_4$ $r_5 = -12.3367$ (非球面) $d_5 = 0.8000$ $n_{d5} = 1.74320$ $\nu_{d5} = 49.34$ $r_6 = 6.2521$ (非球面) $d_6 = 0.6000$ $r_7 = 8.9494$ $d_7 = 1.5000$ $n_{d7} = 1.84666$ $\nu_{d7} = 23.78$

20

 $r_8 = 48.0820$ $d_8 = D_8$ $r_9 = \infty$ (絞り) $d_9 = D_9$ $r_{10} = 5.8322$ (非球面) $d_{10} = 2.2000$ $n_{d10} = 1.69350$ $\nu_{d10} = 53.21$

30

 $r_{11} = -30.5807$ (非球面) $d_{11} = 0.1500$ $r_{12} = 6.9491$ $d_{12} = 1.9000$ $n_{d12} = 1.58913$ $\nu_{d12} = 61.14$ $r_{13} = 35.0000$ $d_{13} = 0.6000$ $n_{d13} = 1.84666$ $\nu_{d13} = 23.78$ $r_{14} = 3.3853$ $d_{14} = D_{14}$

40

$$r_{15}=7.5994$$

$$d_{15}=2.7000$$

$$n_{d15}=1.48749$$

$$\nu_{d15}=70.23$$

$$r_{16}=-15.2711$$

$$d_{16}=D16$$

$$n_{d16}=1.69350$$

$$\nu_{d16}=53.21$$

$$r_{17}=\infty$$

$$d_{17}=0.9300$$

$$n_{d17}=1.54771$$

$$\nu_{d17}=62.84$$

$$r_{18}=\infty$$

$$d_{18}=0.7000$$

$$r_{19}=\infty$$

$$d_{19}=0.7000$$

$$r_{20}=\infty$$

$$d_{20}=D20$$

$$r_{21}=\infty \text{ (撮像面)}$$

[0 0 4 1]

非球面係数

第1面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=7.9883 \times 10^{-7}$$

$$A_4=2.1326 \times 10^{-3}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-3.7377 \times 10^{-5}$$

第3面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-1.5827 \times 10^{-7}$$

$$A_4=-1.0134 \times 10^{-3}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=4.7985 \times 10^{-6}$$

第5面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-3.2808 \times 10^{-6}$$

$$A_4=5.2064 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=5.5598 \times 10^{-6}$$

第6面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-8.6690 \times 10^{-6}$$

$$A_4=-1.3075 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=3.8243 \times 10^{-5}$$

第10面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-1.5741 \times 10^{-6}$$

$$A_4=-3.6414 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=1.0886 \times 10^{-5}$$

第11面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-1.9277 \times 10^{-6}$$

$$A_4=4.0592 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=1.8858 \times 10^{-5}$$

[0 0 4 2]

10

20

30

ズームデータ

D 0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|--------|----------|----------|----------|
| f (mm) | 5.15163 | 8.66919 | 14.60011 |
| F n o. | 2.8363 | 3.8370 | 4.8273 |
| D 0 | ∞ | ∞ | ∞ |
| D 4 | 1.2993 | 3.65215 | 6.63822 |
| D 8 | 6.23846 | 3.88535 | 0.89960 |
| D 9 | 6.70978 | 3.34865 | 0.99969 |
| D 1 4 | 3.72065 | 7.35014 | 10.17139 |
| D 1 6 | 1.30126 | 1.03221 | 0.56066 |
| D 2 0 | 0.89927 | 0.89861 | 0.89850 |

10

D 0 (物体から第1面までの距離) が近距離 (2 0 c m) のとき

20

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| D 0 | 177.30496 | 177.30496 | 177.30496 |
| D 4 | 1.29934 | 3.65215 | 6.63822 |
| D 8 | 6.23846 | 3.88535 | 0.89960 |
| D 9 | 6.70978 | 3.34865 | 0.99969 |
| D 1 4 | 3.52859 | 6.81371 | 8.74413 |
| D 1 6 | 1.49332 | 1.56863 | 1.98792 |
| D 2 0 | 0.89927 | 0.89861 | 0.98950 |

30

【 0 0 4 3 】

第4実施例

図19は本発明にズームレンズの第4実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図20は第4実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。図21～図23は第4実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図21は広角端、図22は中間、図23は望遠端での状態を示している。図24～図26は第4実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図24は広角端、図25は中間、図26は望遠端での状態を示している。

40

【 0 0 4 4 】

図19中、Iは電子撮像素子であるCCDの撮像面、CGは平面平板状のCCDカバーガラス、LPFは光学的ローパスフィルターで、物体側から順に、本発明によるズームレンズと、光学的ローパスフィルターLPFと、カバーガラスCGと、撮像面Iが配置されている。

そして、第4実施例のズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とを有している。

50

第1レンズ群G1は、物体側から順に配置された、像側に光路を折り曲げるための反射面RFと物体側に凹面であり光軸から離れるに従って発散性が弱まる非球面を持つ光線入射面IFを有するプリズムPと、正の屈折力を有する後側副群とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

プリズムPは、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されている。

後側副群は、両凸正レンズL1で構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に配置された、両凹負レンズL2₁と両凸正レンズL2₂とで構成されている。

第3レンズ群G3は、物体側から順に配置された、両凸正レンズL3₁と、両凸正レンズL3₂と両凹負レンズL3₃との接合レンズで構成されている。

10

第4レンズ群G4は、両凸正レンズL4で構成されている。

【0045】

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1と開口絞りSは位置が固定され、第2レンズ群G2は像側へのみ移動し、第3レンズ群G3の接合レンズは物体側へのみ移動するようになっている。

また、合焦動作時に際しては、第4レンズ群G4が光軸上を移動するようになっている。

非球面は、第1レンズ群G1中のプリズムPの光線入射面IFのほかに、第1レンズ群G1中の両凸正レンズL1の物体側の面、第2レンズ群G2中の両凹負レンズL2₁の両側面、及び第3レンズ群G3中の両凸正レンズL3₁の両側面に夫々設けられている。

【0046】

20

次に、第4実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 4

 $r_1 = -5.5389$ (非球面) $d_1 = 6.0000$ $n_{d1} = 1.84666$ $\nu_{d1} = 23.278$ $r_2 = \infty$ $d_2 = 0.1500$ $r_3 = 7.9429$ (非球面) $d_3 = 2.4000$ $n_{d3} = 1.80610$ $\nu_{d3} = 40.92$

10

 $r_4 = -16.2044$ $d_4 = D_4$ $r_5 = -10.4750$ (非球面) $d_5 = 0.8000$ $n_{d5} = 1.74320$ $\nu_{d5} = 49.34$ $r_6 = 5.7272$ (非球面) $d_6 = 0.6000$ $r_7 = 13.8244$ $d_7 = 1.4000$ $n_{d7} = 1.84666$ $\nu_{d7} = 23.78$

20

 $r_8 = -47.0781$ $d_8 = D_8$ $r_9 = \infty$ (絞り) $d_9 = 6.4631$ $r_{10} = 10.0272$ (非球面) $d_{10} = 10.0272$ $n_{d10} = 7.3544$ $\nu_{d10} = 53.21$

30

 $r_{11} = -7.8359$ (非球面) $d_{11} = 0.1500$ $r_{12} = 17.0148$ $d_{12} = 2.4988$ $n_{d12} = 1.51742$ $\nu_{d12} = 52.43$ $r_{13} = -7.0740$ $d_{13} = 0.7000$ $n_{d13} = 1.80518$ $\nu_{d13} = 25.42$

40

 $r_{14} = 6.2662$ $d_{14} = D_{14}$

$$r_{15}=8.3747$$

$$d_{15}=2.5000$$

$$n_{d15}=1.48749$$

$$\nu_{d15}=70.23$$

$$r_{16}=-18.1774$$

$$d_{16}=D16$$

$$r_{17}=-141.5544 \text{ (非球面)}$$

$$d_{17}=0.7000$$

$$n_{d17}=1.58423$$

$$\nu_{d17}=30.249$$

$$r_{18}=\infty$$

$$d_{18}=0.7000$$

$$r_{19}=\infty$$

$$d_{19}=0.6000$$

$$n_{d19}=1.54771$$

$$\nu_{d19}=62.84$$

$$r_{20}=\infty$$

$$d_{20}=D20$$

$$r_{21}=\infty \text{ (撮像面)}$$

[0 0 4 7]

非球面係数

第1面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=1.3226 \times 10^{-6}$$

$$A_4=2.4814 \times 10^{-3}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-4.0712 \times 10^{-5}$$

第3面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-2.5464 \times 10^{-7}$$

$$A_4=-1.1930 \times 10^{-3}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=1.5418 \times 10^{-5}$$

第5面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-5.6282 \times 10^{-6}$$

$$A_4=-2.0881 \times 10^{-3}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=2.3414 \times 10^{-4}$$

第6面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-5.8606 \times 10^{-7}$$

$$A_4=-3.4938 \times 10^{-3}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=2.2340 \times 10^{-4}$$

第10面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-3.1682 \times 10^{-7}$$

$$A_4=-4.2747 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-1.1457 \times 10^{-5}$$

第11面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-2.4570 \times 10^{-9}$$

$$A_4=3.9300 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-1.2046 \times 10^{-5}$$

第17面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=5.7543 \times 10^{-6}$$

$$A_4=2.4873 \times 10^{-3}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-1.7543 \times 10^{-4}$$

[0048]

10

20

30

40

ズームデータ

D 0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|---------|----------|----------|----------|
| f (mm) | 4.60265 | 7.79964 | 13.19953 |
| Fno. | 2.8520 | 3.7014 | 4.8074 |
| D 0 | ∞ | ∞ | ∞ |
| D 4 | 0.99533 | 3.39288 | 5.65079 |
| D 8 | 5.55453 | 3.15642 | 0.89912 |
| D 9 | 6.46310 | 3.52840 | 0.99886 |
| D 1 4 | 1.14964 | 4.34907 | 7.81548 |
| D 1 6 | 2.40112 | 2.13799 | 1.19953 |
| D 2 0 1 | 0.89976 | 0.89807 | 0.89973 |

10

D 0 (物体から第1面までの距離) が近距離 (20 cm) のとき

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| D 0 | 177.30496 | 177.30496 | 177.30496 |
| D 4 | 0.99533 | 3.39288 | 5.65079 |
| D 8 | 5.55453 | 3.15642 | 0.89912 |
| D 9 | 6.46310 | 3.52840 | 0.99886 |
| D 1 4 | 0.99921 | 3.91874 | 6.56783 |
| D 1 6 | 2.55156 | 2.56832 | 2.44718 |
| D 2 0 | 0.89973 | 0.89807 | 0.89973 |

20

30

【0049】

実施例 5

図27は本発明によるズームレンズの第5実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図28は第5実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。図29～図31は第5実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図29は広角端、図30は中間、図31は望遠端での状態を示している。図32～図34は第5実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図32は広角端、図33は中間、図34は望遠端での状態を示している。

40

【0050】

図27中、Iは電子撮像素子であるCCDの撮像面、LPFは光学的ローパスフィルターで、物体側から順に、本発明によるズームレンズと、光学的ローパスフィルターLPFと、撮像面Iが配置されている。

そして、第5実施例のズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4と、第5レンズ群G5を有している。

50

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に光路を折り曲げるための反射面RFと物体側に凹面であり光軸から離れるに従って発散性が弱まる非球面を持つ光線入射面IFを有するプリズムPと、正の屈折力を有する後側副群とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

プリズムPは、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されている。

後側副群は、両凸正レンズL1構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に配置された、両凹負レンズL2₁と正メニスカスレンズL2₂で構成されており、全体で負の屈折力を有している。

第3レンズ群G3は、物体側から順に配置された、両凸正レンズL3₁と、両凸正レンズL3₂と両凹負レンズL3₃の接合レンズで構成されている。

10

第4レンズ群G4は、正メニスカスレンズL4で構成されている。

第5レンズ群G5は、物体側に凸面を向けた平凸レンズL5で構成されている。

【0051】

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1及び開口絞りSは位置が固定され、第2レンズ群G2は物体側へのみ移動し、第3レンズ群G3は像側へのみ移動するようになっている。

また、合焦動作時には、第4レンズ群G4及び第5レンズ群G5が光軸上を移動するようになっている。

非球面は、第1レンズ群G1中のプリズムPの光線入射面IFのほかに、第1レンズ群G1中の両凸正レンズL1の物体側の面、第2レンズ群G2中の両凹負レンズL2₁の両側面、第3レンズ群G3中の両凸正レンズL3₁の両側面及び第5レンズ群G5中の平凸レンズL5の物体側の面に夫々設けられている。

20

【0052】

次に、第5実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 5 $r_1 = -9.4520$ (非球面) $d_1 = 8.2000$ $n_{d1} = 1.80518$ $\nu_{d1} = 25.42$ $r_2 = \infty$ $d_2 = 0.1500$ $r_3 = 9.6078$ (非球面) $d_3 = 2.3000$ $n_{d3} = 1.78800$ $\nu_{d3} = 47.37$

10

 $r_4 = -36.5601$ $d_4 = D4$ $r_5 = -12.2968$ (非球面) $d_5 = 0.8000$ $n_{d5} = 1.74320$ $\nu_{d5} = 49.34$ $r_6 = 5.0653$ (非球面) $d_6 = 0.6000$ $r_7 = 7.3064$ $d_7 = 1.5000$ $n_{d7} = 1.84666$ $\nu_{d7} = 23.78$

20

 $r_8 = 30.2966$ $d_8 = D8$ $r_9 = \infty$ (絞り) $d_9 = D9$ $r_{10} = 10.4103$ (非球面) $d_{10} = 5.8865$ $n_{d10} = 1.69350$ $\nu_{d10} = 53.21$

30

 $r_{11} = -6.9390$ (非球面) $d_{11} = 0.1500$ $r_{12} = 8.4519$ $d_{12} = 2.4987$ $n_{d12} = 1.51742$ $\nu_{d12} = 52.43$ $r_{13} = -10.7434$ $d_{13} = 0.7000$ $n_{d13} = 1.84666$ $\nu_{d13} = 23.78$ $r_{14} = 4.1500$ $d_{14} = D14$

40

$$r_{15}=6.0955$$

$$d_{15}=1.8000$$

$$n_{d15}=1.48749$$

$$\nu_{d15}=70.23$$

$$r_{16}=9.7078$$

$$d_{16}=D16$$

$$r_{17}=8.7554 \text{ (非球面)}$$

$$d_{17}=1.8000$$

$$n_{d17}=1.58423$$

$$\nu_{d17}=30.49$$

$$r_{18}=\infty$$

$$d_{18}=0.7000$$

$$r_{19}=\infty$$

$$d_{19}=0.6000$$

$$n_{d19}=1.51633$$

$$\nu_{d19}=64.14$$

$$r_{20}=\infty$$

$$d_{20}=D20$$

$$r_{21}=\infty \text{ (摄像面)}$$

[0 0 5 3]

非球面係数

第1面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=1.1926 \times 10^{-7}$$

$$A_4=9.5837 \times 10^{-4} \quad A_6=-1.1998 \times 10^{-5}$$

$$A_{10}=0$$

第3面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=1.3193 \times 10^{-8}$$

$$A_4=-5.2184 \times 10^{-4} \quad A_6=1.4369 \times 10^{-6}$$

$$A_{10}=0$$

第5面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-5.4974 \times 10^{-6}$$

$$A_4=-8.5131 \times 10^{-4} \quad A_6=1.2914 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

第6面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-1.1418 \times 10^{-5}$$

$$A_4=-1.8812 \times 10^{-3} \quad A_6=1.7977 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

第10面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-2.7354 \times 10^{-6}$$

$$A_4=-9.0524 \times 10^{-4} \quad A_6=-1.4899 \times 10^{-5}$$

$$A_{10}=0$$

第11面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-2.5889 \times 10^{-7}$$

$$A_4=2.0252 \times 10^{-4} \quad A_6=-1.5683 \times 10^{-5}$$

$$A_{10}=0$$

第17面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-2.5971 \times 10^{-6}$$

$$A_4=1.3132 \times 10^{-4} \quad A_6=2.2399 \times 10^{-5}$$

$$A_{10}=0$$

[0 0 5 4]

10

20

30

40

ズームデータ

D 0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|--------|----------|----------|----------|
| f (mm) | 4.60394 | 7.80037 | 13.19942 |
| F n o. | 2.8634 | 3.5902 | 4.5306 |
| D 0 | ∞ | ∞ | ∞ |
| D 4 | 0.99877 | 3.91855 | 6.57280 |
| D 8 | 6.47386 | 3.54652 | 0.89974 |
| D 9 | 5.54148 | 3.31646 | 0.99874 |
| D 1 4 | 1.37738 | 3.62339 | 5.91816 |
| D 1 6 | 1.19791 | 1.19758 | 1.19992 |
| D 2 0 | 0.89970 | 0.87855 | 0.89957 |

10

D 0 (物体から第1面までの距離) が近距離 (20 cm) のとき

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| D 0 | 177.30496 | 177.30496 | 177.30496 |
| D 4 | 0.99877 | 3.91855 | 6.57280 |
| D 8 | 6.47386 | 3.54652 | 0.89974 |
| D 9 | 5.54148 | 3.31646 | 0.99874 |
| D 1 4 | 0.99871 | 2.57975 | 3.15075 |
| D 1 6 | 1.57658 | 2.24122 | 3.96733 |
| D 2 0 | 0.89970 | 0.87855 | 0.89957 |

20

30

【0055】

実施例 6

図35は本発明によるズームレンズの第6実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図36は第6実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【0056】

図35中、Iは電子撮像素子であるCCDの撮像面、LPFは光学的ローパスフィルターで、物体側から順に、本発明によるズームレンズと、光学的ローパスフィルターLPFと、撮像面Iが配置されている。

40

そして、第6実施例のズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4と、第5レンズ群G5を有している。

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に光路を折り曲げるための反射面RFと物体側に凹面であり光軸から離れるに従って発散性が弱まる非球面を持つ光線入射面Iを有するプリズムPと、正の屈折力を有する後側副群とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

プリズムPは、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されている。

50

後側副群は、両凸正レンズL1で構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に配置された、両凹負レンズL2₁と正メニスカスレンズL2₂で構成されており、全体で負の屈折力を有している。

第3レンズ群G3は、物体側から順に配置された、両凸正レンズL3₁と、両凸正レンズL3₂と両凹負レンズL3₃の接合レンズで構成されている。

第4レンズ群G4は、正メニスカスレンズL4で構成されている。

第5レンズ群G5は、物体側に凸面を向けた平凸レンズL5で構成されている。

【0057】

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1及び開口絞りSは位置が固定され、第2レンズ群G2は物体側へのみ移動し、第3レンズ群G3は像側へのみ移動するようになっている。 10

また、合焦動作時には、第4レンズ群G4及び第5レンズ群G5が光軸上を移動するようになっている。

非球面は、第1レンズ群G1中のプリズムPの光線入射面IFのほかに、第1レンズ群G1中の両凸正レンズL1の物体側の面、第2レンズ群G2中の両凹負レンズL2₁の両側面、第3レンズ群G3中の両凸正レンズL3₁の両側面及び第5レンズ群G5中の平凸レンズL5の物体側の面に夫々設けられている。

【0058】

次に、第6実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 6 $r_1 = -8.7157$ (非球面) $d_1 = 9.0000$ $n_{d1} = 1.84666$ $\nu_{d1} = 23.78$ $r_2 = \infty$ $d_2 = 0.1500$ $r_3 = 10.5728$ (非球面) $d_3 = 2.6000$ $n_{d3} = 1.80610$ $\nu_{d3} = 40.92$

10

 $r_4 = -34.0080$ $d_4 = D\ 4$ $r_5 = -24.0290$ (非球面) $d_5 = 0.8000$ $n_{d5} = 1.74320$ $\nu_{d5} = 49.34$ $r_6 = 5.1842$ (非球面) $d_6 = 0.6000$ $r_7 = 5.8548$ $d_7 = 1.8000$ $n_{d7} = 1.84666$ $\nu_{d7} = 23.78$

20

 $r_8 = 11.8374$ $d_8 = D\ 8$ $r_9 = \infty$ (絞り) $d_9 = D\ 9$ $r_{10} = 13.7347$ (非球面) $d_{10} = 5.3762$ $n_{d10} = 1.74320$ $\nu_{d10} = 49.34$

30

 $r_{11} = -7.8051$ (非球面) $d_{11} = 0.1500$ $r_{12} = 7.2012$ $d_{12} = 2.4994$ $n_{d12} = 1.58913$ $\nu_{d12} = 61.14$ $r_{13} = -15.3665$ $d_{13} = 0.7000$ $n_{d13} = 1.84666$ $\nu_{d13} = 23.78$ $r_{14} = 3.7167$ $d_{14} = D\ 1\ 4$

40

$$r_{15}=5.5508$$

$$d_{15}=1.8000$$

$$n_{d15}=1.48749$$

$$\nu_{d15}=70.23$$

$$r_{16}=9.3520$$

$$d_{16}=D16$$

$$r_{17}=8.2297 \text{ (非球面)}$$

$$d_{17}=1.8000$$

$$n_{d17}=1.58423$$

$$\nu_{d17}=30.49$$

$$r_{18}=\infty$$

$$d_{18}=0.7000$$

$$r_{19}=\infty$$

$$d_{19}=0.6000$$

$$n_{d19}=1.51633$$

$$\nu_{d19}=64.14$$

$$r_{20}=\infty$$

$$d_{20}=D20$$

$$r_{21}=\infty \text{ (撮像面)}$$

[0 0 5 9]

非球面係数

第1面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=1.0646 \times 10^{-7}$$

$$A_4=9.6662 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-1.0249 \times 10^{-5}$$

第3面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=5.2291 \times 10^{-9}$$

$$A_4=-4.4695 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=1.3112 \times 10^{-6}$$

第5面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-5.9453 \times 10^{-7}$$

$$A_4=2.2884 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=4.8469 \times 10^{-6}$$

第6面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-4.4739 \times 10^{-6}$$

$$A_4=3.2939 \times 10^{-5}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=5.5346 \times 10^{-5}$$

第10面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-4.4218 \times 10^{-6}$$

$$A_4=-8.4805 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-2.7838 \times 10^{-5}$$

第11面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-5.7930 \times 10^{-7}$$

$$A_4=-1.5902 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-1.8104 \times 10^{-5}$$

第17面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-2.5629 \times 10^{-6}$$

$$A_4=-1.4952 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=3.7214 \times 10^{-5}$$

[0060]

10

20

30

40

ズームデータ

D 0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|--------|----------|----------|----------|
| f (mm) | 4.13341 | 7.00171 | 11.89892 |
| F n o. | 2.8582 | 3.5563 | 4.1904 |
| D 0 | ∞ | ∞ | ∞ |
| D 4 | 1.00056 | 4.56699 | 8.48067 |
| D 8 | 8.37987 | 4.80614 | 0.89962 |
| D 9 | 4.98567 | 2.71479 | 0.99930 |
| D 1 4 | 1.27783 | 3.57887 | 5.26459 |
| D 1 6 | 1.19857 | 1.19668 | 1.19838 |
| D 2 0 | 0.89975 | 0.87083 | 0.89958 |

D 0 (物体から第1面までの距離) が近距離 (20 cm) のとき

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| D 0 | 177.30496 | 177.30496 | 177.30496 |
| D 4 | 1.00056 | 4.56699 | 8.48067 |
| D 8 | 8.37987 | 4.80614 | 0.89962 |
| D 9 | 4.98567 | 2.71479 | 0.99930 |
| D 1 4 | 0.99902 | 2.80501 | 3.16154 |
| D 1 6 | 1.47738 | 1.97055 | 3.30143 |
| D 2 0 | 0.89975 | 0.87083 | 0.89958 |

【0061】

実施例 7

図37は本発明によるズームレンズの第7実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図38は第7実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【0062】

図37中、Iは電子撮像素子であるCCDの撮像面、LPFは光学的ローパスフィルターで、物体側から順に、本発明によるズームレンズと、光学的ローパスフィルターLPFと、撮像面Iが配置されている。

そして、第7実施例のズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4と、第5レンズ群G5を有している。

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に光路を折り曲げるための反射面RFと物体側に凹面であり光軸から離れるに従って発散性が弱まる非球面を持つ光線入射面IFを有するプリズムPと、正の屈折力を有する後側副群とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

プリズムPは、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されている。

後側副群は、両凸正レンズL1で構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に配置された、両凹負レンズL2₁と正メニスカスレンズL2₂で構成されており、全体で負の屈折力を有している。

第3レンズ群G3は、物体側から順に配置された、両凸正レンズL3₁と、両凸正レンズL3₂と両凹負レンズL3₃の接合レンズで構成されている。

第4レンズ群G4は、正メニスカスレンズL4で構成されている。

第5レンズ群G5は、物体側に凸面を向けた平凸レンズL5で構成されている。

【0063】

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1及び開口絞りSは位置が固定され、第2レンズ群G2は物体側へのみ移動し、第3レンズ群G 10 3は像側へのみ移動するようになっている。

また、合焦動作時には、第4レンズ群G4及び第5レンズ群G5が光軸上を移動するようになっている。

非球面は、第1レンズ群G1中のプリズムPの光線入射面IFのほかに、第1レンズ群G1中の両凸正レンズL1の物体側の面、第2レンズ群G2中の両凹負レンズL2₁の両側面及び第3レンズ群G3中の両凸正レンズL3₁の両側面に夫々設けられている。

【0064】

次に、第7実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ7 $r_1 = -6.6280$ (非球面) $d_1 = 7.2000$ $n_{d1} = 1.84666$ $\nu_{d1} = 23.78$ $r_2 = \infty$ $d_2 = 0.1500$ $r_3 = 8.6973$ (非球面) $d_3 = 2.4000$ $n_{d3} = 1.80610$ $\nu_{d3} = 40.92$

10

 $r_4 = -23.8351$ $d_4 = D\ 4$ $r_5 = -9.2324$ (非球面) $d_5 = 0.8000$ $n_{d5} = 1.74320$ $\nu_{d5} = 49.34$ $r_6 = 6.3171$ (非球面) $d_6 = 0.6000$ $r_7 = 9.4464$ $d_7 = 1.4000$ $n_{d7} = 1.84666$ $\nu_{d7} = 23.78$

20

 $r_8 = 116.6983$ $d_8 = D\ 8$ $r_9 = \infty$ (絞り) $d_9 = D\ 9$ $r_{10} = 8.1004$ (非球面) $d_{10} = 6.0304$ $n_{d10} = 1.69350$ $\nu_{d10} = 53.21$

30

 $r_{11} = -9.7486$ (非球面) $d_{11} = 0.1500$ $r_{12} = 11.9785$ $d_{12} = 2.8414$ $n_{d12} = 1.51742$ $\nu_{d12} = 52.43$ $r_{13} = -5.3173$ $d_{13} = 0.7000$ $n_{d13} = 1.84666$ $\nu_{d13} = 23.78$ $r_{14} = 6.3164$ $d_{14} = D\ 1\ 4$

40

$$r_{15}=9.8113$$

$$d_{15}=2.1000$$

$$n_{d15}=1.51742$$

$$\nu_{d15}=52.43$$

$$r_{16}=167.1713$$

$$d_{16}=D16$$

$$r_{17}=11.2264$$

$$d_{17}=1.6000$$

$$n_{d17}=1.58423$$

$$\nu_{d17}=30.49$$

$$r_{18}=\infty$$

$$d_{18}=0.7000$$

$$r_{19}=\infty$$

$$d_{19}=0.6000$$

$$n_{d19}=1.51633$$

$$\nu_{d19}=64.14$$

$$r_{20}=\infty$$

$$d_{20}=D20$$

$$r_{21}=\infty \text{ (撮像面)}$$

[0065]

10

20

非球面係数

第1面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=4.9451 \times 10^{-7}$$

$$A_4=1.6305 \times 10^{-3}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-2.3942 \times 10^{-5}$$

第3面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-7.3971 \times 10^{-8}$$

$$A_4=-7.6763 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=6.4278 \times 10^{-6}$$

第5面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-1.8966 \times 10^{-5}$$

$$A_4=1.1638 \times 10^{-3}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-2.2384 \times 10^{-5}$$

第6面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-2.3254 \times 10^{-6}$$

$$A_4=3.0143 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=3.1934 \times 10^{-6}$$

第10面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-9.4928 \times 10^{-7}$$

$$A_4=-4.6750 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=1.3749 \times 10^{-6}$$

第11面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-6.3863 \times 10^{-7}$$

$$A_4=6.5795 \times 10^{-5}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-4.4820 \times 10^{-6}$$

[0066]

10

20

30

ズームデータ

D 0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|--------|----------|----------|----------|
| f (mm) | 4.39435 | 7.47036 | 12.65489 |
| Fno. | 2.8183 | 3.5292 | 4.4487 |
| D 0 | ∞ | ∞ | ∞ |
| D 4 | 0.99960 | 4.05794 | 6.79599 |
| D 8 | 6.69639 | 3.63775 | 0.89990 |
| D 9 | 5.58963 | 3.35096 | 0.99940 |
| D 1 4 | 1.27582 | 3.51436 | 5.86556 |
| D 1 6 | 1.19832 | 1.19979 | 1.19892 |
| D 2 0 | 0.90011 | 0.89837 | 0.89981 |

10

D 0 (物体から第1面までの距離) が近距離 (20 cm) のとき

20

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| D 0 | 177.30496 | 177.30496 | 177.30496 |
| D 4 | 0.99960 | 4.56699 | 8.48067 |
| D 8 | 6.69639 | 3.63775 | 0.89990 |
| D 9 | 5.58963 | 3.35096 | 0.99940 |
| D 1 4 | 0.99945 | 2.74953 | 3.85600 |
| D 1 6 | 1.47468 | 1.96462 | 3.20849 |
| D 2 0 | 0.90011 | 0.89837 | 0.89981 |

30

【0067】

実施例 8

図39は本発明によるズームレンズの第8実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図40は第8実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【0068】

図39中、Iは電子撮像素子であるCCDの撮像面、CGはCCDカバーガラス、LPFは光学的ローパスフィルターで、物体側から順に、本発明によるズームレンズと、光学的ローパスフィルターLPFと、CCDカバーガラスCGと、撮像面Iが配置されている。そして、第8実施例のズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4と、第5レンズ群G5を有している。

40

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に光路を折り曲げるための反射面RFと物体側に凹面であり光軸から離れるに従って発散性が弱まる非球面を持つ光線入射面IFを有するプリズムPと、正の屈折力を有する後側副群とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

プリズムPは、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されている。

50

後側副群は、両凸正レンズL1で構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に配置された、両凹負レンズL2₁と両凸正レンズL2₂で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

第3レンズ群G3は、物体側から順に配置された、両凸正レンズL3₁と、両凸正レンズL3₂と両凹負レンズL3₃の接合レンズで構成されている。

第4レンズ群G4は、正メニスカスレンズL4で構成されている。

第5レンズ群G5は、正のメニスカスレンズL5で構成されている。

【0069】

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1及び開口絞りSは位置が固定され、第2レンズ群G2は物体側へのみ移動し、第3レンズ群G3は像側へのみ移動するようになっている。 10

また、合焦動作時には、第4レンズ群G4及び第5レンズ群G5が光軸上を移動するようになっている。

非球面は、第1レンズ群G1中のプリズムPの光線入射面IFのほかに、第1レンズ群G1中の両凸正レンズL1の物体側の面、第2レンズ群G2中の両凹負レンズL2₁の両側面及び第3レンズ群G3中の両凸正レンズL3₁の両側面に夫々設けられている。

【0070】

次に、第8実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 8

$$r_1 = -7.3888 \text{ (非球面)}$$

$$d_1 = 7.7000$$

$$n_{d1} = 1.84666$$

$$\nu_{d1} = 23.78$$

$$r_2 = \infty$$

$$d_2 = 0.1500$$

$$r_3 = 9.2760 \text{ (非球面)}$$

$$d_3 = 2.5000$$

$$n_{d3} = 1.81474$$

$$\nu_{d3} = 37.03$$

10

$$r_4 = -27.0079$$

$$d_4 = D_4$$

$$r_5 = -7.5903 \text{ (非球面)}$$

$$d_5 = 0.8000$$

$$n_{d5} = 1.74320$$

$$\nu_{d5} = 49.34$$

$$r_6 = 8.4809 \text{ (非球面)}$$

$$d_6 = 0.6000$$

$$r_7 = 15.7026$$

$$d_7 = 1.6000$$

$$n_{d7} = 1.84666$$

$$\nu_{d7} = 23.78$$

20

$$r_8 = -40.5377$$

$$d_8 = D_8$$

$$r_9 = \infty \text{ (絞り)}$$

$$d_9 = D_9$$

$$r_{10} = 8.9882 \text{ (非球面)}$$

$$d_{10} = 4.0001$$

$$n_{d10} = 1.69350$$

$$\nu_{d10} = 53.21$$

30

$$r_{11} = -9.7388 \text{ (非球面)}$$

$$d_{11} = 0.1500$$

$$r_{12} = 11.3104$$

$$d_{12} = 2.0743$$

$$n_{d12} = 1.56384$$

$$\nu_{d12} = 60.67$$

$$r_{13} = -16.6974$$

$$d_{13} = 0.7000$$

$$n_{d13} = 1.84666$$

$$\nu_{d13} = 23.78$$

40

$$r_{14} = 5.0192$$

$$d_{14} = D_{14}$$

$$r_{15}=9.3843$$

$$d_{15}=1.8000$$

$$n_{d15}=1.48794$$

$$\nu_{d15}=70.23$$

$$r_{16}=187.5375$$

$$d_{16}=D\ 1\ 6$$

$$r_{17}=9.3972$$

$$d_{17}=1.6000$$

$$n_{d17}=1.68893$$

$$\nu_{d17}=31.07$$

$$r_{18}=24.2276$$

$$d_{18}=0.7000$$

$$r_{19}=\infty$$

$$d_{19}=1.4000$$

$$n_{d19}=1.51633$$

$$\nu_{d19}=64.14$$

$$r_{20}=\infty$$

$$d_{20}=0.6000$$

$$r_{21}=\infty$$

$$d_{21}=0.6000$$

$$r_{22}=\infty$$

$$d_{22}=D\ 2\ 2$$

$$r_{23}=\infty \text{ (撮像面)}$$

[0 0 7 1]

10

20

非球面係数

第1面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=2.8434 \times 10^{-7}$$

$$A_4=1.3911 \times 10^{-3}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-1.8577 \times 10^{-5}$$

第3面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-2.1185 \times 10^{-8}$$

$$A_4=-6.4429 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=3.6455 \times 10^{-6}$$

第5面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-1.6235 \times 10^{-6}$$

$$A_4=1.3672 \times 10^{-3}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=8.9594 \times 10^{-6}$$

第6面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-5.6459 \times 10^{-6}$$

$$A_4=3.6245 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=6.7383 \times 10^{-5}$$

第10面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-1.5411 \times 10^{-6}$$

$$A_4=-7.4708 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-1.5948 \times 10^{-5}$$

第11面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-6.1411 \times 10^{-7}$$

$$A_4=-1.5349 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-1.8657 \times 10^{-5}$$

[0072]

10

20

30

ズームデータ

D 0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|--------|----------|----------|----------|
| f (mm) | 4.02399 | 6.47589 | 10.83793 |
| Fno. | 2.8489 | 3.5064 | 4.3811 |
| D 0 | ∞ | ∞ | ∞ |
| D 4 | 0.99933 | 3.84470 | 6.72373 |
| D 8 | 7.02438 | 4.18365 | 1.29993 |
| D 9 | 6.65081 | 4.06962 | 1.29970 |
| D 1 4 | 1.22479 | 3.79651 | 6.57608 |
| D 1 6 | 1.19883 | 1.20089 | 1.19879 |
| D 2 2 | 0.89973 | 0.90511 | 0.89962 |

10

D 0 (物体から第1面までの距離) が近距離 (20 cm) のとき

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| D 0 | 177.30496 | 177.30496 | 177.30496 |
| D 4 | 0.99933 | 3.84470 | 6.72373 |
| D 8 | 7.02438 | 4.18365 | 1.29993 |
| D 9 | 6.65081 | 4.06962 | 1.29970 |
| D 1 4 | 0.99978 | 3.22752 | 5.05760 |
| D 1 6 | 1.42384 | 1.76988 | 2.71726 |
| D 2 2 | 0.89973 | 0.90511 | 0.89973 |

20

30

【0073】

実施例 9

図41は本発明によるズームレンズの第9実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図42は第9実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【0074】

図41中、Iは電子撮像素子であるCCDの撮像面、CGはCCDカバーガラス、LPFは光学的ローパスフィルターで、物体側から順に、本発明によるズームレンズと、光学的ローパスフィルターLPFと、CCDカバーガラスCGと、撮像面Iが配置されている。そして、第9実施例のズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4と、第5レンズ群G5を有している。

40

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に光路を折り曲げるための反射面RFと物体側に凹面であり光軸から離れるに従って発散性が弱まる非球面を持つ光線入射面IFを有するプリズムPと、正の屈折力を有する後側副群とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

プリズムPは、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されている。

50

後側副群は、両凸正レンズL1で構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に配置された、両凹負レンズL2₁と両凸正レンズL2₂で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

第3レンズ群G3は、物体側から順に配置された、両凸正レンズL3₁と、両凸正レンズL3₂と両凹負レンズL3₃の接合レンズで構成されている。

第4レンズ群G4は、正メニスカスレンズL4で構成されている。

第5レンズ群G5は、物体側に凸面を向けた平凸レンズL5で構成されている。

【0075】

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1及び開口絞りSは位置が固定され、第2レンズ群G2は像側へのみ移動し、第3レンズ群G3、10は物体側へのみ移動するようになっている。

また、合焦動作時には、第4レンズ群G4及び第5レンズ群G5が光軸上を移動するようになっている。

非球面は、第1レンズ群G1中のプリズムPの光線入射面IFのほかに、第1レンズ群G1中の両凸正レンズL1の物体側の面、第2レンズ群G2中の両凹負レンズL2₁の両側面及び第3レンズ群G3中の両凸正レンズL3₁の両側面に夫々設けられている。

【0076】

次に、第9実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 9

$$r_1 = -9.0619 \text{ (非球面)}$$

$$d_1 = 1.0000$$

$$n_{d1} = 1.68893$$

$$\nu_{d1} = 31.07$$

$$r_2 = \infty$$

$$d_2 = 0.1500$$

$$r_3 = 17.2821 \text{ (非球面)}$$

$$d_3 = 2.4000$$

$$n_{d3} = 1.80610$$

$$\nu_{d3} = 40.92$$

10

$$r_4 = -21.5319$$

$$d_4 = D_4$$

$$r_5 = -7.7097 \text{ (非球面)}$$

$$d_5 = 0.8000$$

$$n_{d5} = 1.74320$$

$$\nu_{d5} = 49.34$$

$$r_6 = 14.4282 \text{ (非球面)}$$

$$d_6 = 0.6000$$

$$r_7 = 23.9607$$

$$d_7 = 1.5000$$

$$n_{d7} = 1.84666$$

$$\nu_{d7} = 23.78$$

20

$$r_8 = -44.7940$$

$$d_8 = D_8$$

$$r_9 = \infty \text{ (絞り)}$$

$$d_9 = D_9$$

$$r_{10} = 6.1037 \text{ (非球面)}$$

$$d_{10} = 2.8002$$

$$n_{d10} = 1.69350$$

$$\nu_{d10} = 53.21$$

30

$$r_{11} = -16.4369 \text{ (非球面)}$$

$$d_{11} = 0.1500$$

$$r_{12} = 10.2395$$

$$d_{12} = 1.9994$$

$$n_{d12} = 1.69680$$

$$\nu_{d12} = 55.53$$

$$r_{13} = -17.5185$$

$$d_{13} = 0.7000$$

$$n_{d13} = 1.84666$$

$$\nu_{d13} = 23.78$$

40

$$r_{14} = 3.8167$$

$$d_{14} = D_{14}$$

$$r_{15}=6.7418$$

$$d_{15}=1.5000$$

$$n_{d15}=1.69680$$

$$\nu_{d15}=55.53$$

$$r_{16}=11.9475$$

$$d_{16}=D\ 1\ 6$$

$$r_{17}=7.8831$$

$$d_{17}=2.0000$$

$$n_{d17}=1.58423$$

$$\nu_{d17}=30.49$$

$$r_{18}=\infty$$

$$d_{18}=0.7000$$

$$r_{19}=\infty$$

$$d_{19}=0.6000$$

$$n_{d19}=1.51633$$

$$\nu_{d19}=64.14$$

$$r_{20}=\infty$$

$$d_{20}=D\ 2\ 0$$

$$r_{21}=\infty \text{ (撮像面)}$$

[0 0 7 7]

非球面係数

第1面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=5.1494 \times 10^{-6}$$

$$A_4=6.9910 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-5.3200 \times 10^{-6}$$

第3面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=2.0781 \times 10^{-8}$$

$$A_4=-2.5089 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=1.4153 \times 10^{-8}$$

第5面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-6.6111 \times 10^{-8}$$

$$A_4=1.3578 \times 10^{-3}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=7.8893 \times 10^{-6}$$

第6面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=1.6217 \times 10^{-6}$$

$$A_4=8.2151 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=1.5236 \times 10^{-5}$$

第10面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=9.3311 \times 10^{-7}$$

$$A_4=-2.0678 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-7.1539 \times 10^{-6}$$

第11面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=1.4308 \times 10^{-6}$$

$$A_4=8.1607 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-3.9364 \times 10^{-6}$$

[0 0 7 8]

10

20

30

ズームデータ

D 0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|--------|----------|----------|----------|
| f (mm) | 3.57923 | 5.98995 | 10.30823 |
| Fno. | 2.8661 | 3.4262 | 4.7381 |
| D 0 | ∞ | ∞ | ∞ |
| D 4 | 0.99493 | 5.29555 | 7.90023 |
| D 8 | 7.80489 | 3.49887 | 0.89972 |
| D 9 | 6.48820 | 4.54211 | 1.00154 |
| D 1 4 | 1.19512 | 3.15204 | 6.67792 |
| D 1 6 | 1.20075 | 1.19911 | 1.20428 |
| D 2 0 | 0.90002 | 0.89493 | 0.90026 |

10

D 0 (物体から第1面までの距離) が近距離 (20 cm) のとき

20

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| D 0 | 177.30496 | 177.30496 | 177.30496 |
| D 4 | 0.99493 | 5.29555 | 7.90023 |
| D 8 | 7.80489 | 3.49887 | 0.89972 |
| D 9 | 6.48820 | 4.54211 | 1.00154 |
| D 1 4 | 0.99721 | 2.61302 | 5.16528 |
| D 1 6 | 1.39866 | 1.73813 | 2.71691 |
| D 2 0 | 0.90002 | 0.89493 | 0.90026 |

30

【0079】

実施例10

図43は本発明によるズームレンズの第10実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図44は第10実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【0080】

図43中、Iは電子撮像素子であるCCDの撮像面、CGはCCDカバーガラス、LPFは光学的ローパスフィルターで、物体側から順に、本発明によるズームレンズと、光学的ローパスフィルターLPFと、CCDカバーガラスCGと、撮像面Iが配置されている。そして、第10実施例のズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4と、第5レンズ群G5を有している。

40

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に光路を折り曲げるための反射面RFと物体側に凹面であり光軸から離れるに従って発散性が弱まる非球面を持つ光線入射面IFを有するプリズムPと、正の屈折力を有する後側副群とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

プリズムPは、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されている。

50

後側副群は、両凸正レンズL₁で構成されている。

第2レンズ群G₂は、物体側から順に配置された、両凹負レンズL_{2₁}と両凸正レンズL_{2₂}で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

第3レンズ群G₃は、物体側から順に配置された、両凸正レンズL_{3₁}と、両凸正レンズL_{3₂}と両凹負レンズL_{3₃}の接合レンズで構成されている。

第4レンズ群G₄は、正メニスカスレンズL₄で構成されている。

第5レンズ群G₅は、物体側に凸面を向けた平凸レンズL₅で構成されている。

【0081】

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G₁及び開口絞りSは位置が固定され、第2レンズ群G₂は像側へのみ移動し、第3レンズ群G₃は物体側へのみ移動するようになっている。 10

また、合焦動作時には、第4レンズ群G₄及び第5レンズ群G₅が光軸上を移動するようになっている。

非球面は、第1レンズ群G₁中のプリズムPの光線入射面IFのほかに、第1レンズ群G₁中の両凸正レンズL₁の物体側の面、第2レンズ群G₂中の両凹負レンズL_{2₁}の両側面及び第3レンズ群G₃中の両凸正レンズL_{3₁}の両側面に夫々設けられている。

【0082】

次に、第10実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 10 $r_1 = -11.4720$ (非球面) $d_1 = 11.3000$ $n_{d1} = 1.68893$ $\nu_{d1} = 31.07$ $r_2 = \infty$ $d_2 = 0.1500$ $r_3 = 18.7311$ (非球面) $d_3 = 2.4000$ $n_{d3} = 1.78800$ $\nu_{d3} = 47.37$

10

 $r_4 = -28.7254$ $d_4 = D_4$ $r_5 = -6.8934$ (非球面) $d_5 = 0.8000$ $n_{d5} = 1.74320$ $\nu_{d5} = 49.34$ $r_6 = 10.9555$ (非球面) $d_6 = 0.6000$ $r_7 = 24.4160$ $d_7 = 1.5000$ $n_{d7} = 1.84666$ $\nu_{d7} = 23.78$

20

 $r_8 = -22.8940$ $d_8 = D_8$ $r_9 = \infty$ (絞り) $d_9 = D_9$ $r_{10} = 6.1037$ (非球面) $d_{10} = 2.8019$ $n_{d10} = 1.69350$ $\nu_{d10} = 53.21$

30

 $r_{11} = -11.8283$ (非球面) $d_{11} = 0.1500$ $r_{12} = 7.6193$ $d_{12} = 2.0028$ $n_{d12} = 1.69680$ $\nu_{d12} = 55.53$ $r_{13} = -37.5914$ $d_{13} = 0.7000$ $n_{d13} = 1.84666$ $\nu_{d13} = 23.78$

40

 $r_{14} = 4.3208$ $d_{14} = D_{14}$

$$r_{15}=7.5870$$

$$d_{15}=1.5000$$

$$n_{d15}=1.69680$$

$$\nu_{d15}=55.53$$

$$r_{16}=15.1487$$

$$d_{16}=D16$$

$$r_{17}=16.7801$$

$$d_{17}=2.0000$$

$$n_{d17}=1.69680$$

$$\nu_{d17}=55.53$$

$$r_{18}=\infty$$

$$d_{18}=0.7000$$

$$r_{19}=\infty$$

$$d_{19}=0.6000$$

$$n_{d19}=1.51633$$

$$\nu_{d19}=64.14$$

$$r_{20}=\infty$$

$$d_{20}=D20$$

$$r_{21}=\infty \text{ (撮像面)}$$

[0 0 8 3]

非球面係数

第1面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=1.3133 \times 10^{-8}$$

$$A_4=4.5902 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-2.6743 \times 10^{-6}$$

第3面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=4.5618 \times 10^{-8}$$

$$A_4=-1.9867 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-1.6733 \times 10^{-6}$$

10

第5面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-1.1377 \times 10^{-6}$$

$$A_4=1.2906 \times 10^{-3}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=4.4242 \times 10^{-5}$$

第6面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=-6.2566 \times 10^{-7}$$

$$A_4=3.8770 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=8.2848 \times 10^{-5}$$

20

第10面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=4.1050 \times 10^{-7}$$

$$A_4=-2.9960 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-2.1630 \times 10^{-5}$$

30

第11面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_8=3.9507 \times 10^{-7}$$

$$A_4=2.7796 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}=0$$

$$A_6=-2.2527 \times 10^{-5}$$

【0084】

ズームデータ

D 0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|--------|----------|----------|----------|
| f (mm) | 3.27089 | 5.53615 | 9.40819 |
| Fno. | 2.8073 | 3.3890 | 4.9727 |
| D 0 | ∞ | ∞ | ∞ |
| D 4 | 1.38761 | 5.87153 | 7.66619 |
| D 8 | 7.17738 | 2.68886 | 0.89882 |
| D 9 | 6.68143 | 4.73249 | 0.99780 |
| D 1 4 | 1.14079 | 3.12406 | 6.83407 |
| D 1 6 | 1.21121 | 1.19657 | 1.20159 |
| D 2 0 | 0.90026 | 0.88113 | 0.90016 |

10

D 0 (物体から第1面までの距離) が近距離 (20 cm) のとき

20

| | 広角端 | 中間 | 望遠端 |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| D 0 | 177.30496 | 177.30496 | 177.30496 |
| D 4 | 1.38761 | 5.87153 | 7.66619 |
| D 8 | 7.17738 | 2.68886 | 0.89882 |
| D 9 | 6.68143 | 4.73249 | 0.99780 |
| D 1 4 | 1.00143 | 2.73491 | 5.76408 |
| D 1 6 | 1.35057 | 1.58573 | 2.27159 |
| D 2 0 | 0.90026 | 0.88113 | 0.90016 |

30

【0085】

なお、本発明の各実施例では、いずれも、折り曲げ方向を上述のように電子撮像素子 (CCD) の長辺方向 (水平方向) としている。短辺方向 (垂直方向) へ折り曲がるようにした方が、折り曲げのためのスペースが少なく、済み小型化には有利であるが、長辺方向への折り曲げに対応できるようにしておけば、長辺、短辺のいずれへの折り曲げにも対応でき、レンズを組み込むカメラデザインの自由度が増して好ましい。

【0086】

次に、上記各実施例における条件式のパラメータ等の値を表示する。なお、下表中の実施例 1 ~ 2 の $S_1 = 195.03546$ (mm)、実施例 3 ~ 10 の $S_1 = 177.30496$ (mm) である。

40

【表 1】

| | 実施例 1 | 実施例 2 | 実施例 3 | 実施例 4 | 実施例 5 |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| レンズデータ | 数値データ 1 | 数値データ 2 | 数値データ 3 | 数値データ 4 | 数値データ 5 |
| W 半画角 (ω_w) | 29.3 | 32.2 | 29.0 | 33.2 | 31.9 |
| S 半画角 | 19.1 | 19.1 | 17.5 | 19.9 | 18.4 |
| T 半画角 | 12.8 | 11.5 | 10.5 | 11.9 | 11.3 |
| 最大像高 (y_{10}) | 3.0 | 3.0 | 2.7 | 2.7 | 2.7 |
| β_{2W} | -0.5278 | -0.6968 | -0.8050 | -0.8829 | -0.6799 |
| β_{3W} | -0.6280 | -0.7545 | -0.7263 | -0.7848 | -0.6965 |
| $M4 \cdot S1$ | 4.350E+2 | 2.798E+2 | 2.531E+2 | 2.427E+2 | 4.911E+2 |
| f_w / f_R | ----- | ----- | ----- | -0.01900 | 0.30721 |
| ν_F | 52.43 | 64.14 | 70.23 | 70.23 | 70.23 |
| ν_R | ----- | ----- | ----- | 30.49 | 30.49 |
| ν_{12} | 53.21 | 71.30 | 53.21 | 40.92 | 47.37 |
| n_{12} | 1.69350 | 1.56907 | 1.69350 | 1.80610 | 1.78800 |
| $D3/D2$ | 0.98629 | 0.94716 | 1.07552 | 1.16357 | 0.85598 |
| $y_{07} / (f_w \cdot \tan \omega_{07w})$ | 0.97032 | 0.97529 | 0.97232 | 0.85878 | 0.97035 |
| f_w / y_{10} | 1.88870 | 1.68436 | 1.90801 | 1.70469 | 1.70516 |

10

20

| | 実施例 6 | 実施例 7 | 実施例 8 | 実施例 9 | 実施例 10 |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| レンズデータ | 数値データ 6 | 数値データ 7 | 数値データ 8 | 数値データ 9 | 数値データ 10 |
| W 半画角 (ω_w) | 34.7 | 33.5 | 35.9 | 39.7 | 42.2 |
| S 半画角 | 20.4 | 20.4 | 23.1 | 24.0 | 25.5 |
| T 半画角 | 12.5 | 11.9 | 13.8 | 14.5 | 15.8 |
| 最大像高 (y_{10}) | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 |
| β_{2W} | -0.6265 | -0.6846 | -0.7253 | -0.5979 | -0.4234 |
| β_{3W} | -0.6381 | -0.7020 | -0.7598 | -0.5902 | -0.4994 |
| $M4 \cdot S1$ | 3.732E+2 | 3.564E+2 | 2.692E+2 | 2.691E+2 | 1.906E+2 |
| f_w / f_R | 0.29344 | 0.22869 | 0.18853 | 0.26527 | 0.13583 |
| ν_F | 70.23 | 52.43 | 70.23 | 55.53 | 55.53 |
| ν_R | 30.49 | 30.49 | 31.07 | 30.49 | 55.53 |
| ν_{12} | 40.92 | 40.92 | 37.03 | 40.92 | 47.37 |
| n_{12} | 1.80610 | 1.80610 | 1.81474 | 1.80610 | 1.78800 |
| $D3/D2$ | 0.59496 | 0.83472 | 0.94682 | 0.83130 | 0.93090 |
| $y_{07} / (f_w \cdot \tan \omega_{07w})$ | 0.97058 | 0.89759 | 0.89684 | 0.87510 | 0.87910 |
| f_w / y_{10} | 1.53089 | 1.62754 | 1.49037 | 1.32564 | 1.21144 |

30

40

上記表中、有効画角は歪曲デジタル補正後のものが記載されている。補正を実施したのは、実施例 4 と 7 ～ 10 である。基本的に像高が短辺を半径と一致するところの画角を変えずにその他の像高の画角が変化している。

【0087】

以上説明したように、本発明のズームレンズは、特許請求の範囲に記載した特徴のほかに下記のような特徴も有している。

(1) 前記レンズ群 G1 は 2 面の非球面を有する請求項 1 に記載のズームレンズ。

【0088】

(2) 前記レンズ群 G2 と G3 で合わせて 4 面の非球面を有する請求項 1 に記載のズームレンズ。

50

【0089】

(3) 前記レンズ群G1とG2で合わせて4面の非球面を有する請求項1に記載のズームレンズ。

【0090】

(4) 前記レンズ群G1とG2がそれぞれ2面の非球面を有する請求項1に記載のズームレンズ。

【0091】

(5) 前記レンズ群G2とG3がそれぞれ2面の非球面を有する請求項1に記載のズームレンズ。

【0092】

(6) 2面の非球面を有するレンズ群を3つ有する請求項1に記載のズームレンズ。

【0093】

(7) 前記第1レンズ群G1は、物体側から光路に沿って順に配置された、発散性を有する光学素子と正レンズの2要素からなる上記(1)乃至(6)の何れかに記載のズームレンズ。

【0094】

(8) 前記レンズ群G2は、物体側から光路に沿って順に配置された、両凹レンズと正レンズの2枚より構成されている上記(1)乃至(6)の何れかに記載のズームレンズ。

【0095】

(9) 前記レンズ群G3は、物体側から光路に沿って順に配置された、正の単レンズと、正レンズと像側に強い凹面を向けた負レンズの接合レンズとから構成されている上記(1)乃至(6)の何れかに記載のズームレンズ。

【0096】

(10) 前記レンズ群G3の像側に、フォーカスのために移動可能であるレンズ群Fを有する請求項1または上記(1)乃至(6)の何れかに記載のズームレンズ。

【0097】

(11) 最も像面に近いレンズ群が像面に対して位置がほぼ固定されている請求項1または上記(1)乃至(6)の何れかに記載のズームレンズ。

(12) 請求範囲2乃至4及び上記(7)乃至(11)に記載の要件の何れか2つ以上を満足するズームレンズ。

【0098】

(13) 前記レンズ群G1は像面に対して位置がほぼ固定であり、前記レンズ群G1の発散性を有する光学素子は最も物体側に凹面を向けた光軸から離れるに従って発散性が弱まる入射面と光路を折り曲げるための反射面を有するプリズムである請求範囲2または上記7に記載のズームレンズ。

【0099】

(14) 前記レンズ群G2とレンズ群G3との間に像面に対して略位置が固定である開口絞りを有し、前記開口絞りよりも光線入射側に1個のプリズムと3枚以下の単レンズが配置されている請求項(1)または上記(1)乃至(6)の何れかに記載のズームレンズ。

【0100】

(15) 前記レンズ群G2と前記レンズ群G3は前記開口絞りを挟んで隣接しており、広角端における前記レンズ群G2の最も像側の面頂から前記絞り開口までの光軸に沿った距離をD2、前記絞り開口から前記レンズ群G3の最も物体側の面頂までの光軸に沿った距離をD3としたとき、下記条件を満足する上記(14)に記載のズームレンズ。

$$0.50 < D3 / D2 < 1.40$$

【0101】

(16) 請求項1乃至4及び上記1乃至15の何れかに記載の結像光学系と電子撮像素子とを有し、前記結像光学系を通じて結像された像を前記電子撮像素子で撮像して得られた画像データを加工して形状を変化させた画像データとして出力することが可能な電子撮像装置において、ほぼ無限遠物点合焦時に前記結像光学系の歪曲収差に関して下記条件を満

10

20

30

40

50

足する電子撮像装置。

$$0.75 < y_{07} / (f_w \cdot \tan \omega_{07w}) < 0.96$$

$$1 < f_w / y_{10} < 2.1$$

但し、前記電子撮像素子の有効撮像面内（撮像可能な面内）で中心から最も遠い点までの距離（最大像高）を y_{10} とすると、 $y_{07} = 0.7 y_{10}$ であり、 ω_{07w} は広角端における前記撮像面上の中心から y_{07} の位置に結ぶ像点に対応する物点方向の光軸に対する角度である。

【0102】

【発明の効果】

上述の如く本発明によれば、物体側にプリズムなどの反射光学素子を配置して光学系特にズームレンズ系の光路（光軸）を折り曲げ、且つ非球面を活用して前記プリズムの光線入射面を凹面とすることにより、ズーム比、画角、F値、少ない収差など、高い光学仕様性能を確保しながらも沈胴式鏡筒に見られるようなカメラの使用状態への立ち上げ時間（レンズのせり出し時間）がなく、防水・防塵上も好ましく、また、奥行き方向が極めて薄いカメラを提供することが可能となる。さらに、絞りやシャッター機構などを移動させない光学構成とすることにより、奥行きをさらに薄くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるズームレンズの第1実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図2】第1実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図3】第1実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、広角端での状態を示している。

【図4】第1実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、中間での状態を示している。

【図5】第1実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、望遠端での状態を示している。

【図6】第1実施例のズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、広角端での状態を示している。

【図7】第1実施例のズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、中間での状態を示している。

【図8】第1実施例のズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、望遠端での状態を示している。

【図9】本発明によるズームレンズの第2実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図10】第2実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図11】本発明によるズームレンズの第3実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図12】第3実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図13】第3実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、広角端での状態を示している。

【図14】第3実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、中間での状態を示している。

【図15】第3実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、望遠端での状態を示している。

【図16】第3実施例のズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、広角端での状態を示している。

【図17】第3実施例のズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、

10

20

30

40

50

歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、中間での状態を示している。

【図18】第3実施例のズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、望遠端での状態を示している。

【図19】本発明によるズームレンズの第4実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図20】第4実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図21】第4実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、広角端での状態を示している。

【図22】第4実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、中間での状態を示している。 10

【図23】第4実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、望遠端での状態を示している。

【図24】第4実施例のズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、広角端での状態を示している。

【図25】第4実施例のズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、中間での状態を示している。

【図26】第4実施例のズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、望遠端での状態を示している。

【図27】本発明によるズームレンズの第5実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。 20

【図28】第5実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図29】第5実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、広角端での状態を示している。

【図30】第5実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、中間での状態を示している。

【図31】第5実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、望遠端での状態を示している。

【図32】第5実施例のズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、広角端での状態を示している。 30

【図33】第5実施例のズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、中間での状態を示している。

【図34】第5実施例のズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、望遠端での状態を示している。

【図35】本発明によるズームレンズの第6実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図36】第6実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図37】本発明によるズームレンズの第7実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。 40

【図38】第7実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図39】本発明によるズームレンズの第8実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図40】第8実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図41】本発明によるズームレンズの第9実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図42】第9実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面 50

面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図43】本発明によるズームレンズの第10実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図44】第10実施例のズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【符号の説明】

G 1

G 2

G 3

G 4

L 1₁ ~ L 4₃

P

R F

I F

L P F

C G

I

第1レンズ群

第2レンズ群

第3レンズ群

第4レンズ群

レンズ

プリズム

反射面

光線入射面

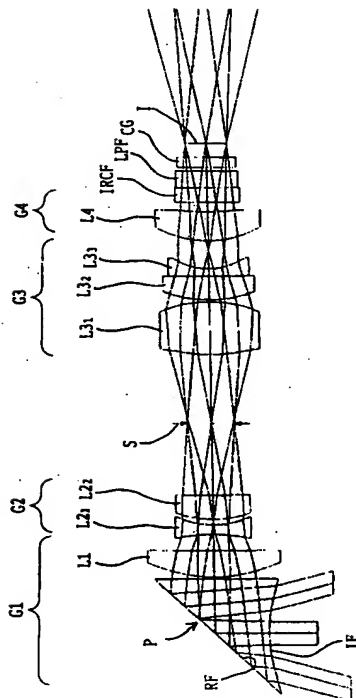
光学的ローパスフィルター

カバーガラス

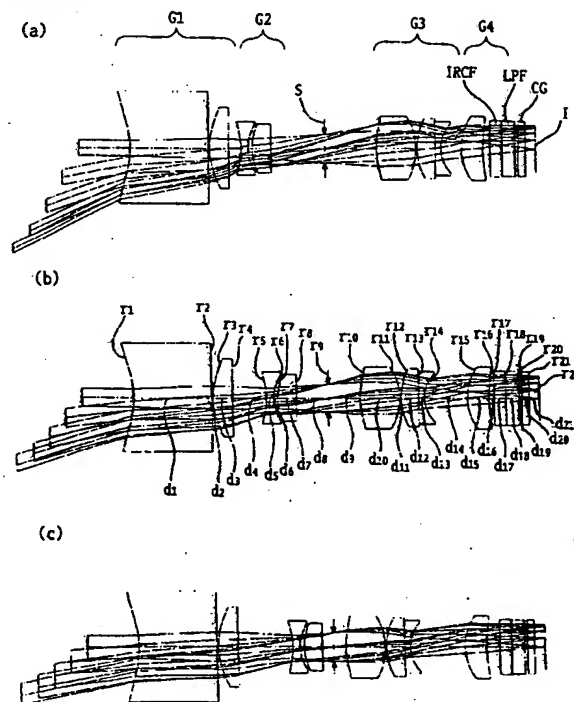
撮像面

10

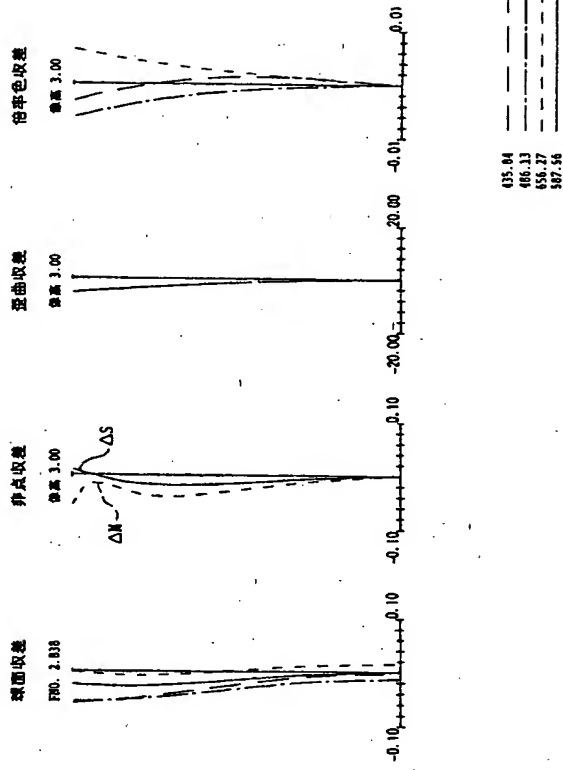
【図1】



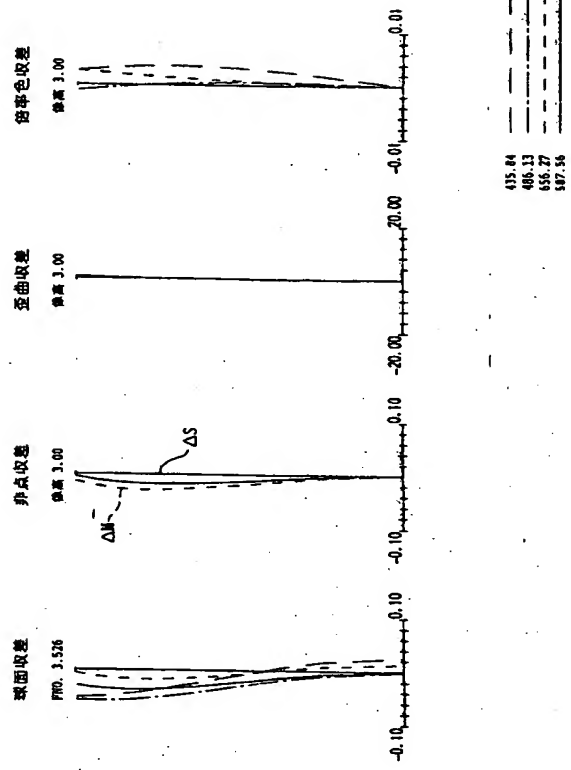
【図2】



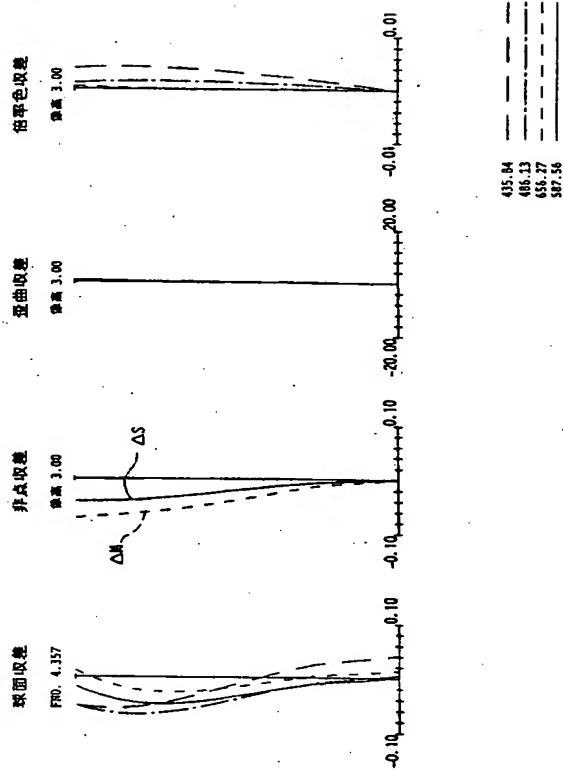
【 図 3 】



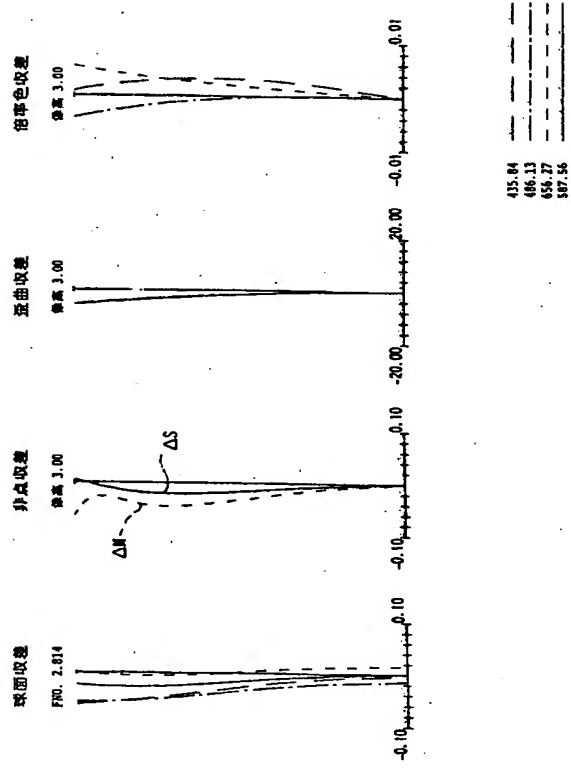
【 図 4 】



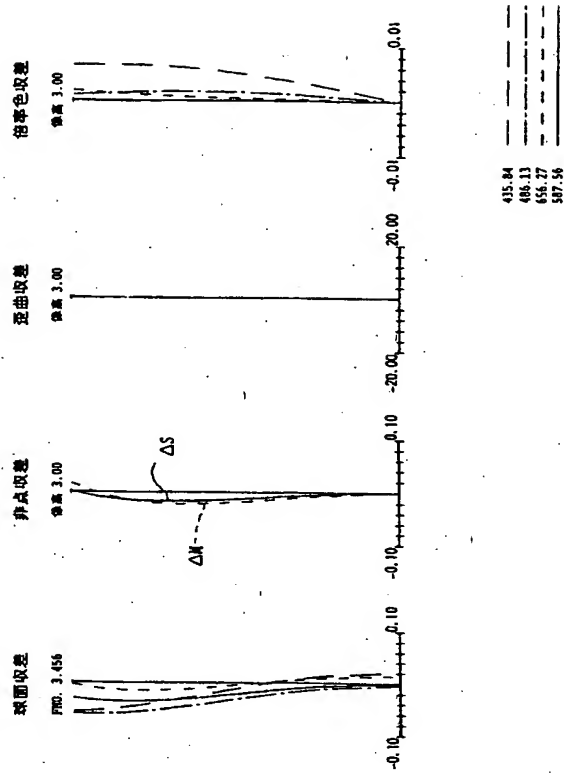
【 図 5 】



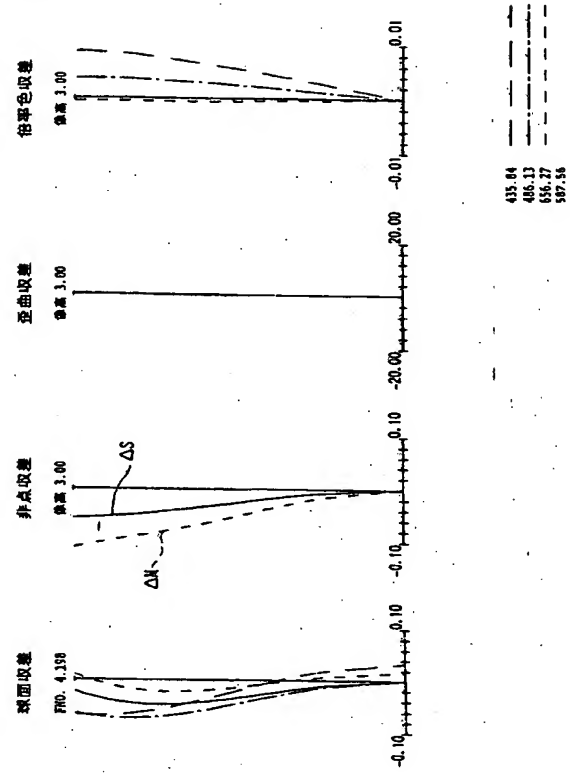
【 図 6 】



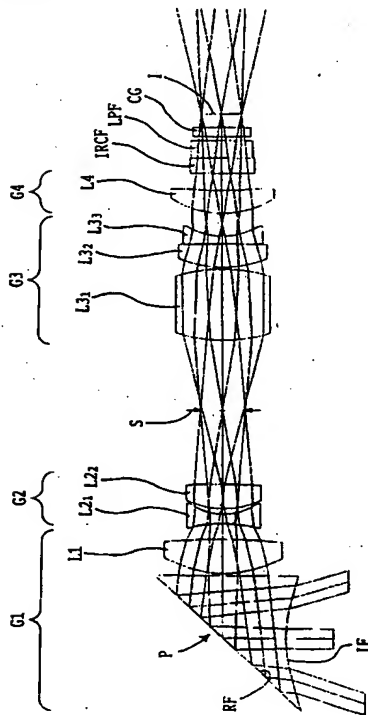
【 図 7 】



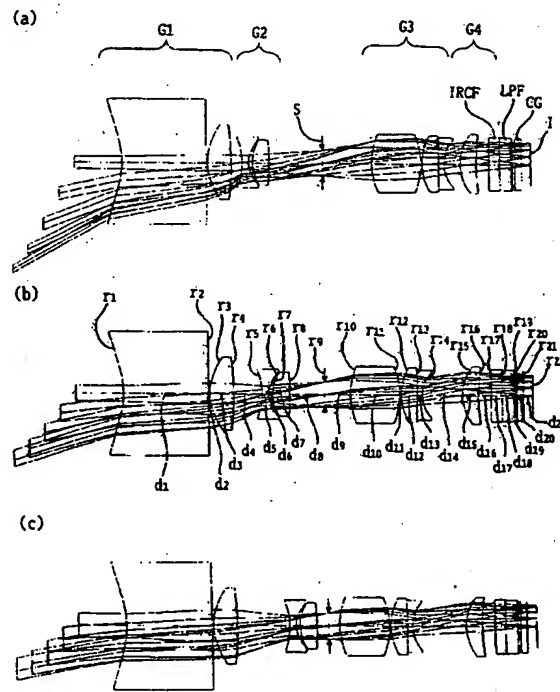
【 図 8 】



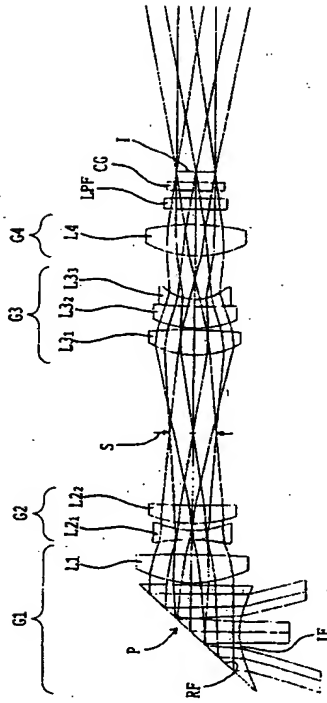
【 図 9 】



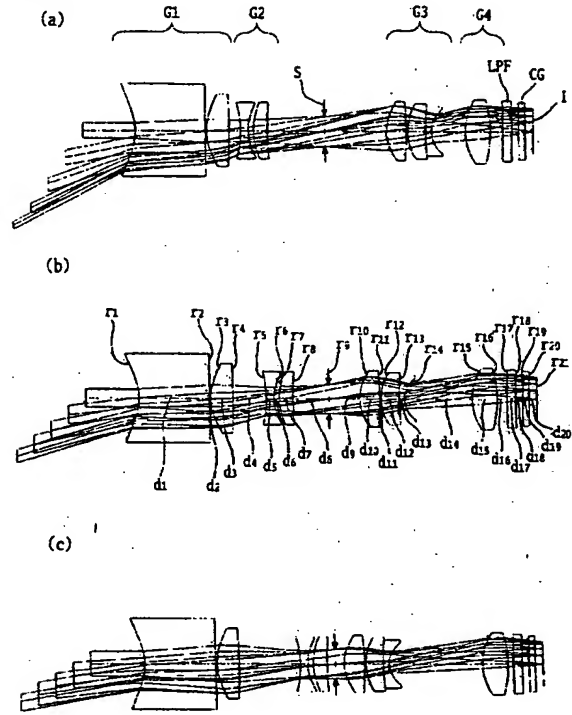
【 図 10 】



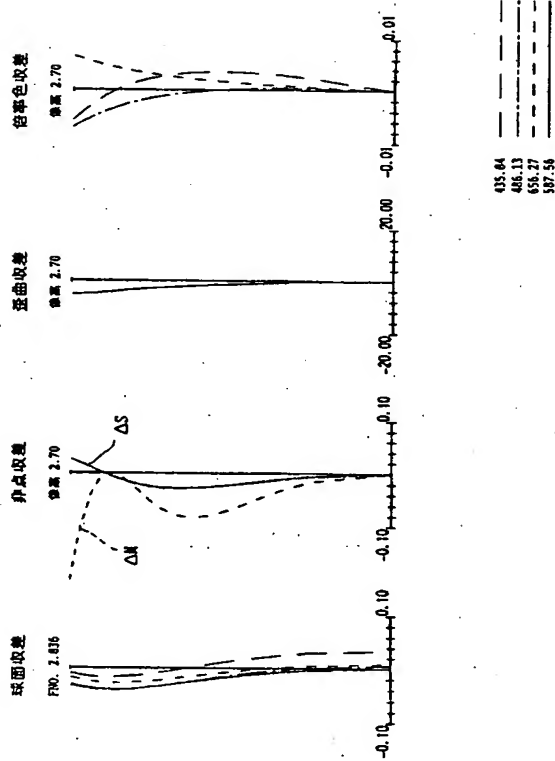
【図 1 1】



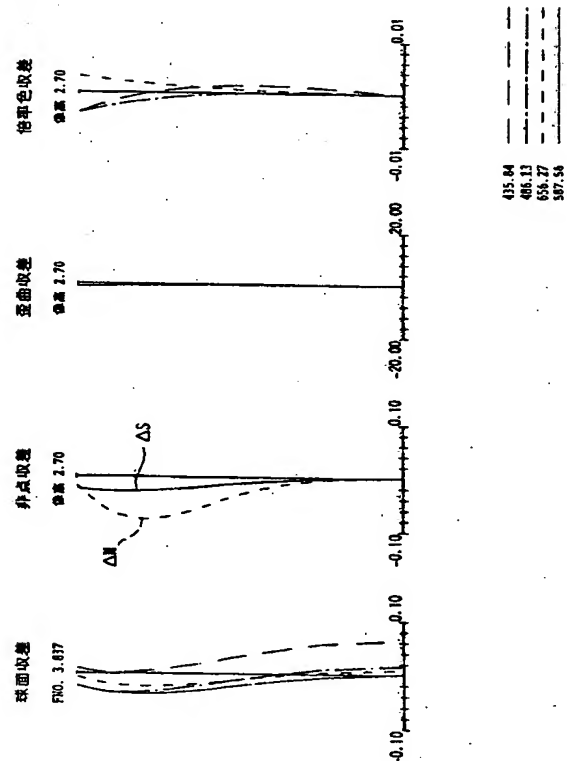
【図 1 2】



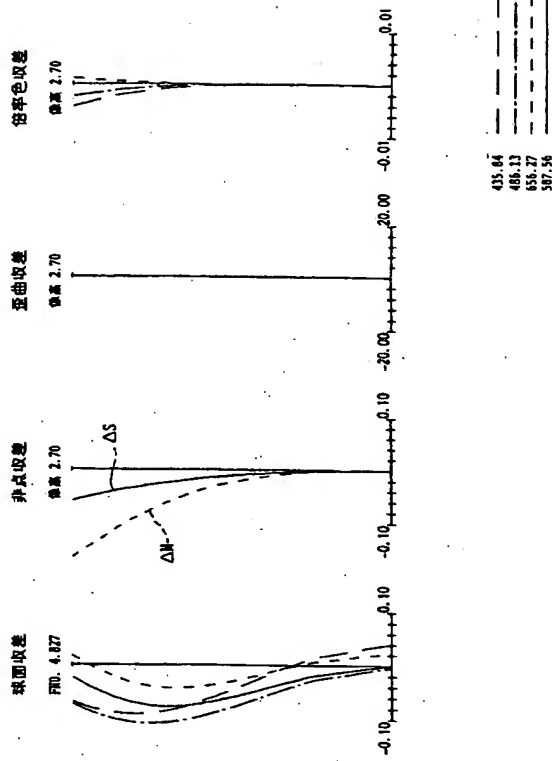
【図 1 3】



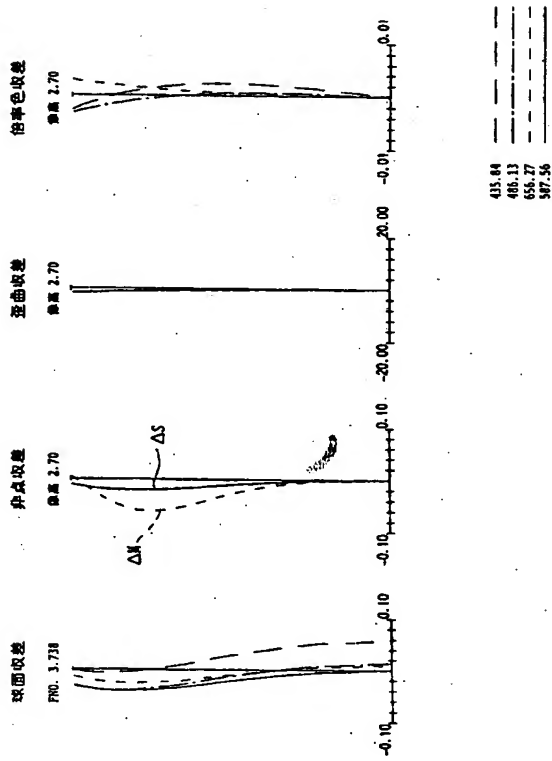
【図 1 4】



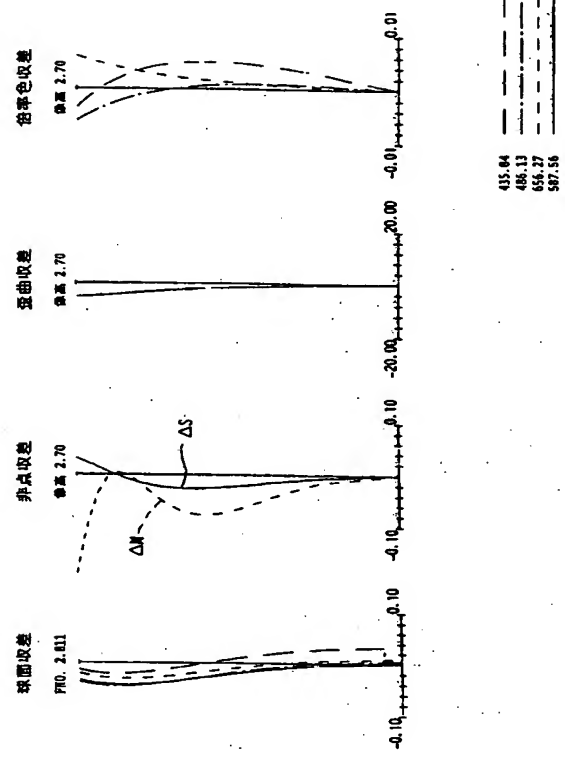
【図 15】



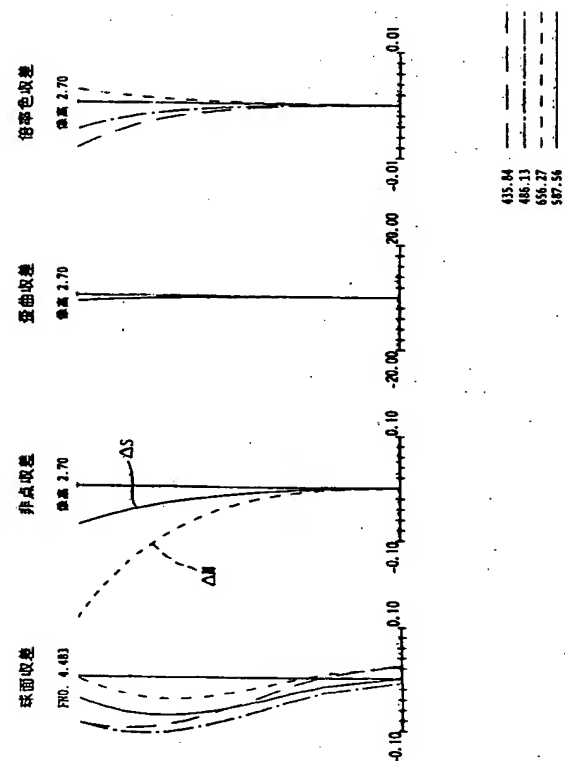
【図 17】



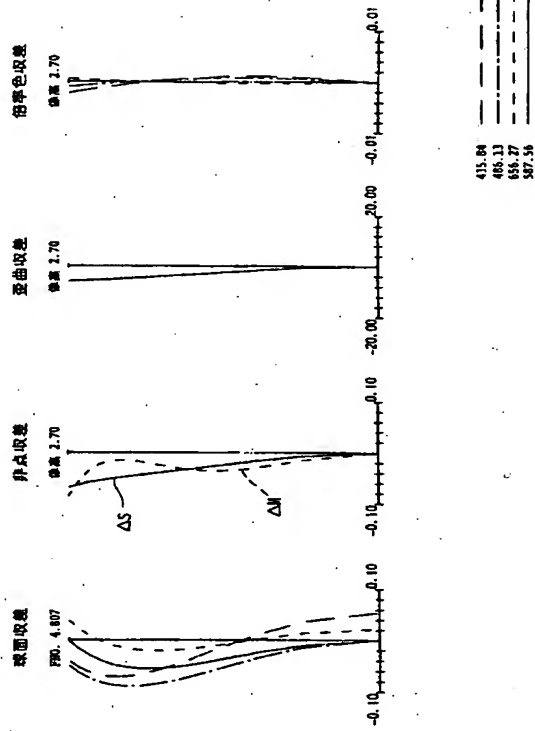
【図 16】



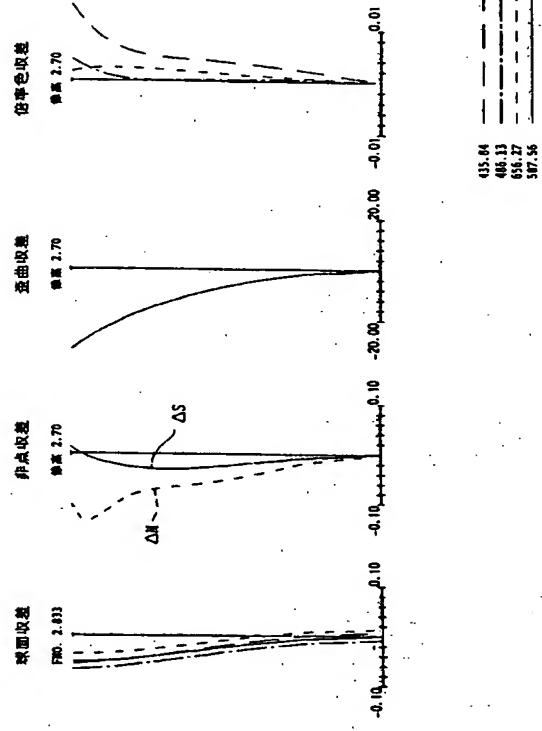
【図 18】



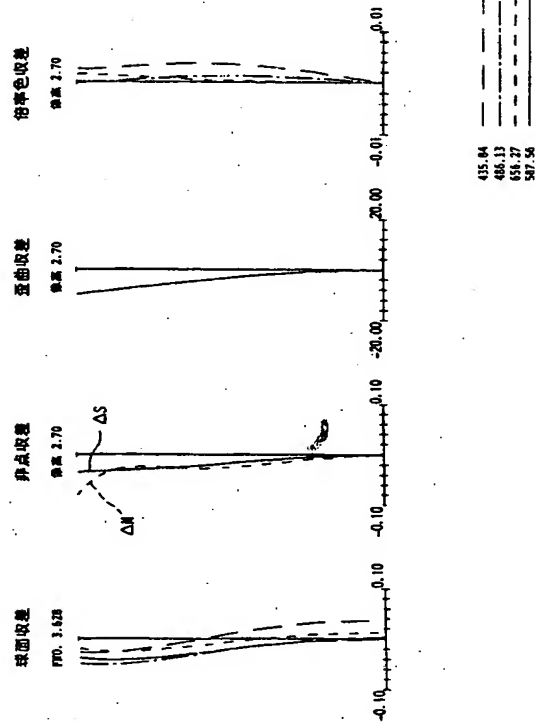
【図 23】



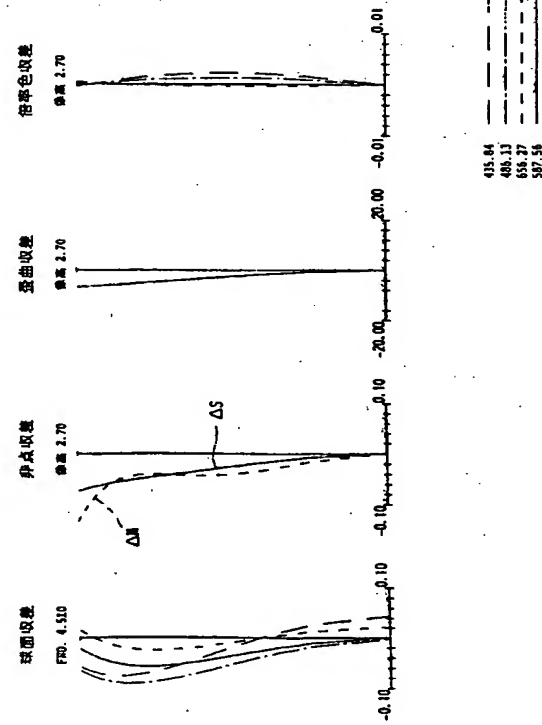
【図 24】



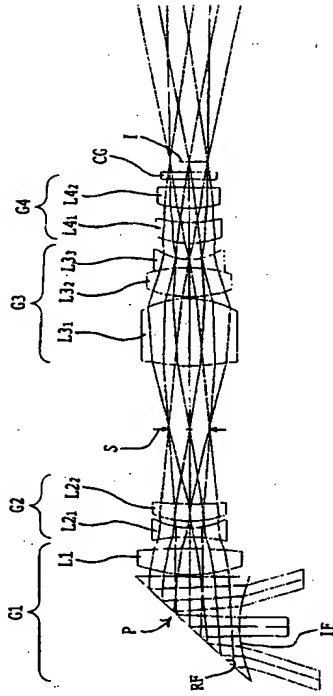
【図 25】



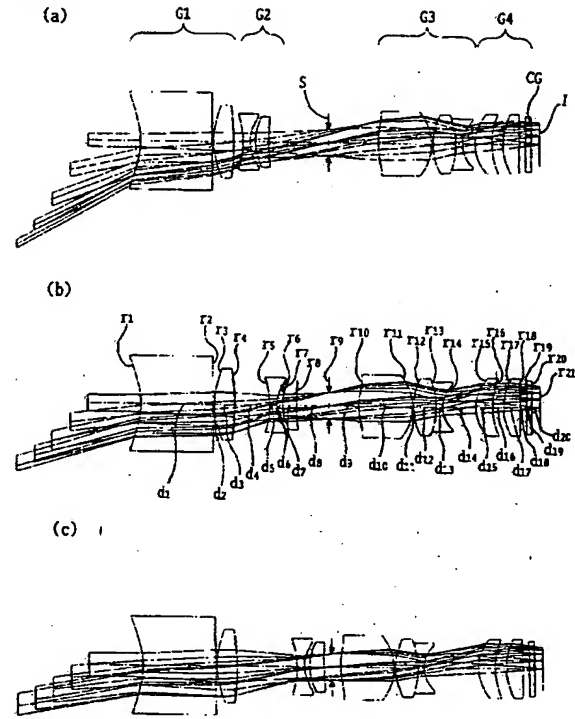
【図 26】



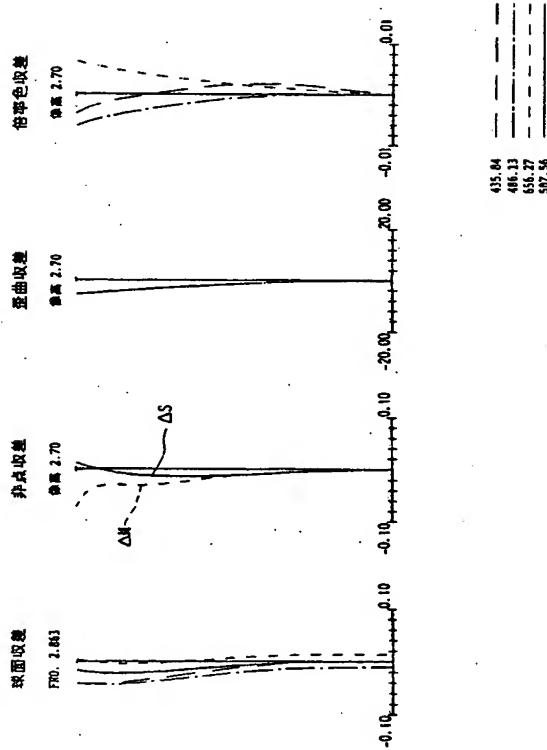
【図 27】



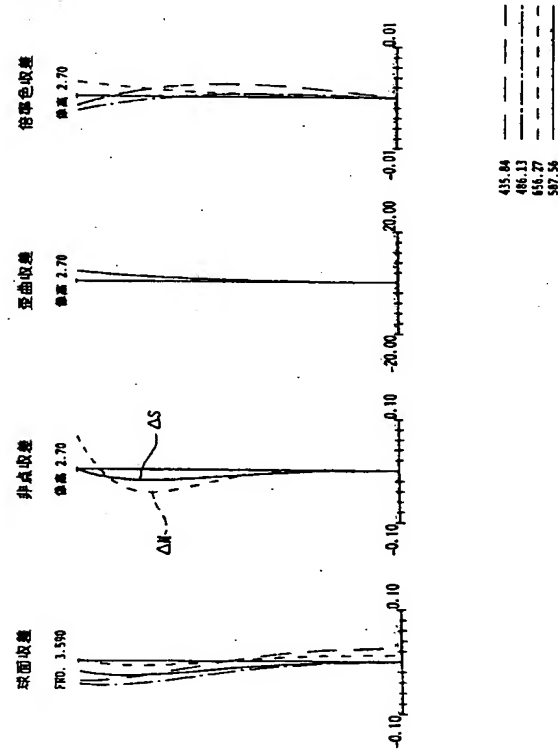
【図 28】



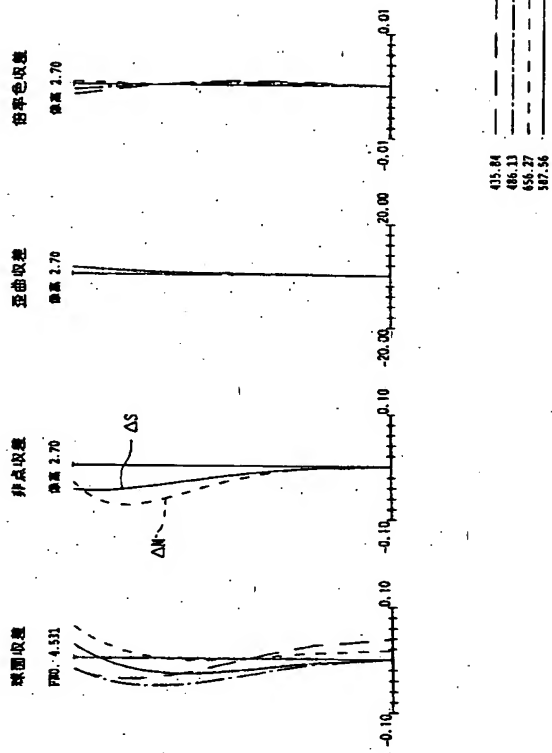
【図 29】



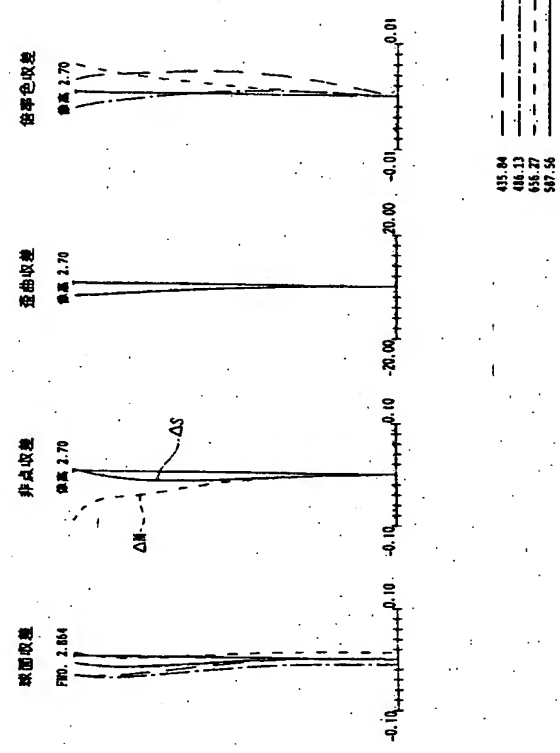
【図 30】



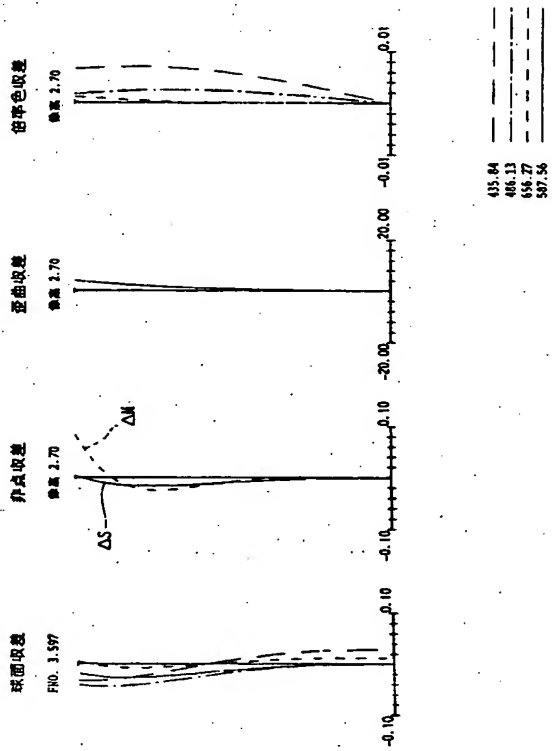
【図 3 1】



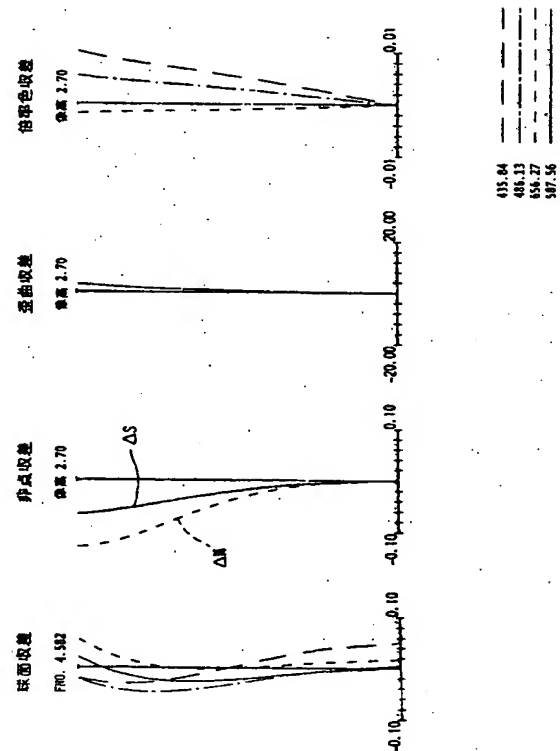
【図 3 2】



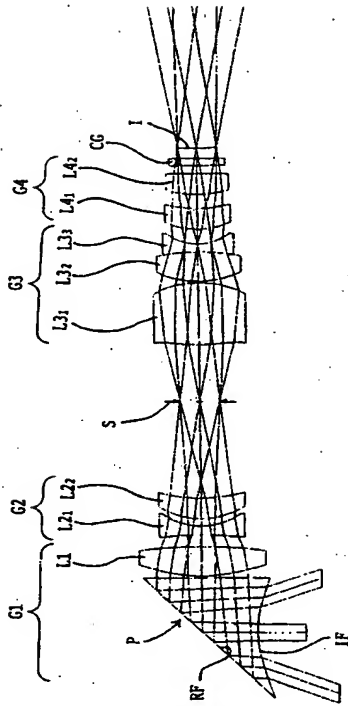
【図 3 3】



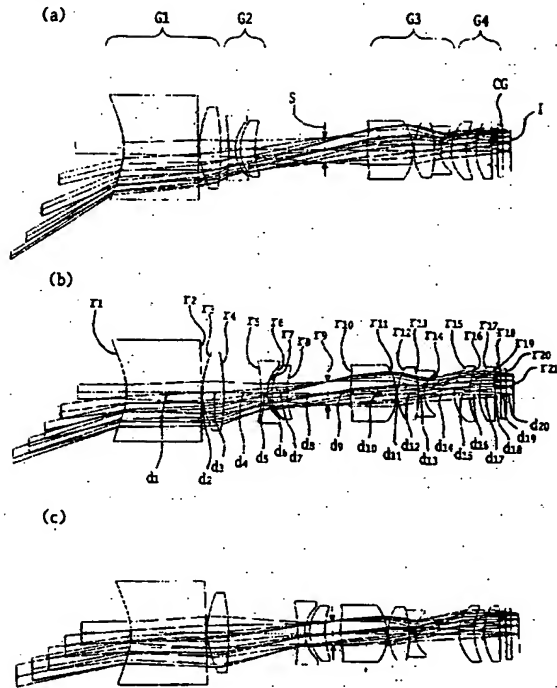
【図 3 4】



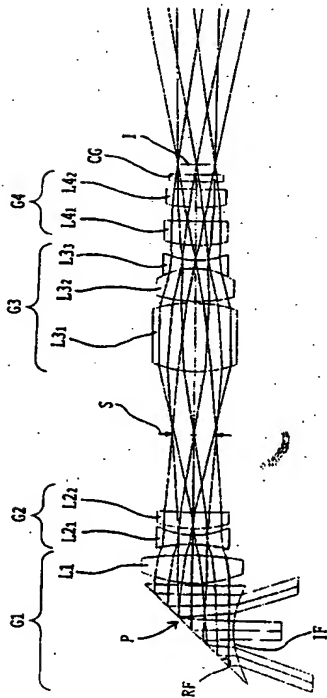
【図 35】



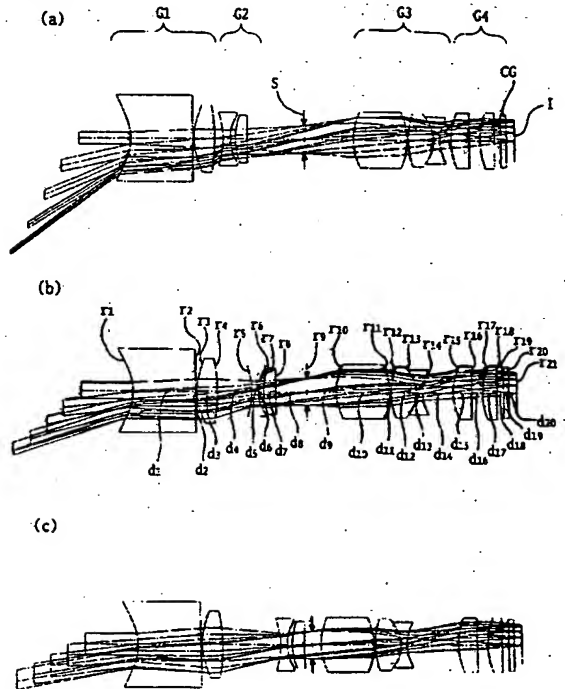
【図 36】



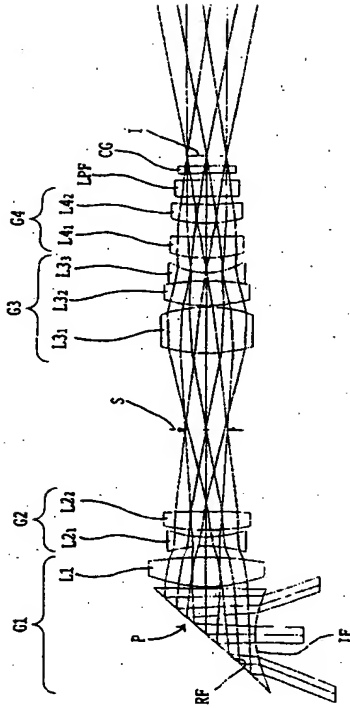
【図 37】



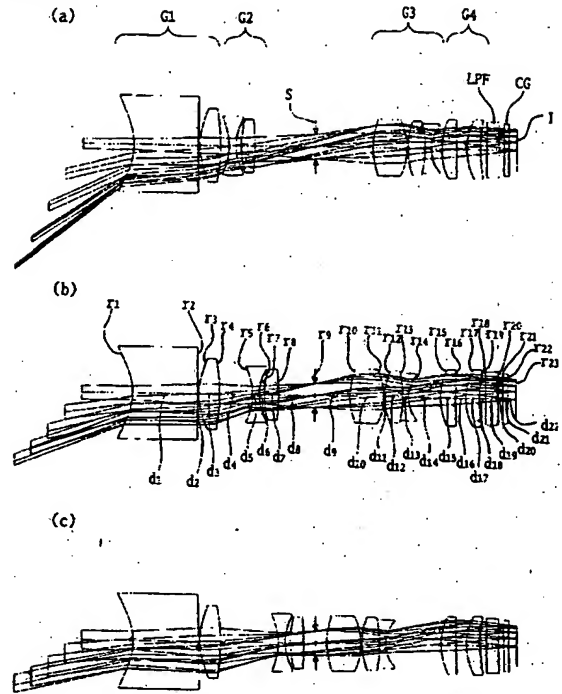
【図 38】



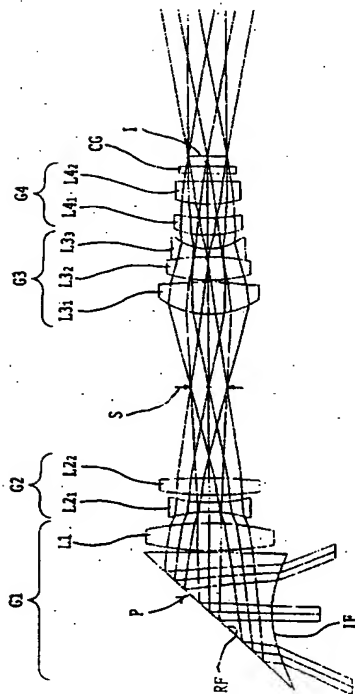
【図 39】



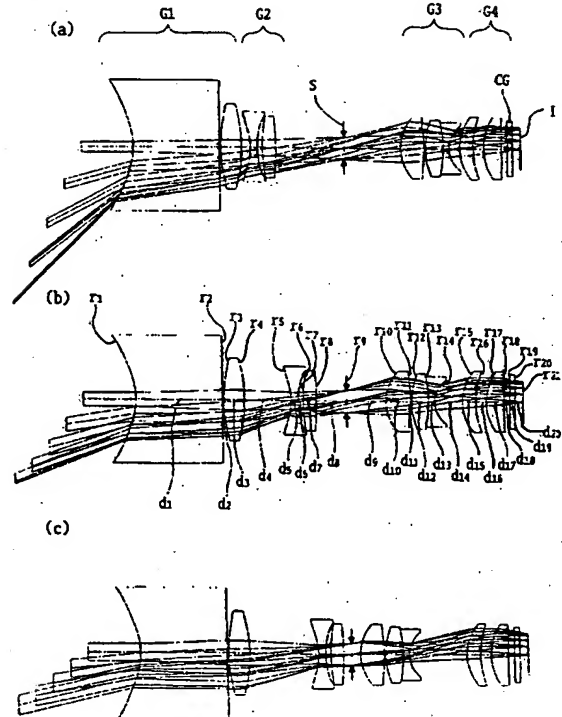
【図 40】



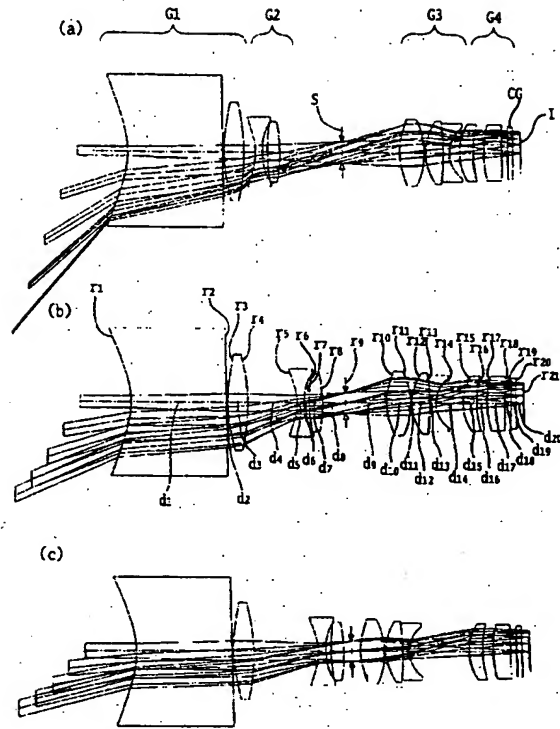
【図 41】



【図 42】



【 4 4 】



フロントページの続き

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Fターム(参考) | 2H087 | KA03 | MA15 | PA07 | PA08 | PA09 | PA17 | PA18 | PB08 | PB09 | QA06 |
| | QA07 | QA18 | QA21 | QA26 | QA32 | QA33 | QA34 | QA38 | QA41 | QA42 | |
| | QA45 | QA46 | RA05 | RA12 | RA13 | RA32 | RA42 | RA43 | SA23 | SA27 | |
| | SA29 | SA32 | SA43 | SA47 | SA49 | SA52 | SA55 | SA56 | SA63 | SA64 | |
| | SA65 | SA66 | SA72 | SB03 | SB13 | SB24 | SB32 | SB42 | TA01 | TA03 | |